

N° D'ORDRE

82

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(Chimie industrielle)

PAR

Alfred A. CARREL

Assistant au Laboratoire de Police Technique de Lyon.

PREMIÈRE THÈSE

Contribution à l'identification des encres
en criminalistique

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues eu Juillet 1934, devant la Commission d'examen.

MM. MEUNIER, *Président* ;

LEMARCHANDS } *Membres.*
LOCARD }

IMPRIMERIE DE TRÉVOUX

G. PATISSIER

—
1934

CONTRIBUTION A L'IDENTIFICATION DES ENCREs
EN CRIMINALISTIQUE

N° D'ORDRE

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(Chimie industrielle)

PAR

Alfred A. CARREL

Assistant au Laboratoire de Police Technique de Lyon.

PREMIÈRE THÈSE

Contribution à l'identification des encres
en criminalistique

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues eu Juillet 1934, devant la Commission d'examen.

MM. MEUNIER, *Président* ;

LEMARCHANDS } *Membres.*
LOCARD }

IMPRIMERIE DE TRÉVOUX

G. PATISSIER

—
1934

UNIVERSITÉ DE LYON — FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen

M. GRIGNARD, C. ✱, ☉ I., ☒, P. N., Membre de l'Institut.

Assesseur

M. VANEY, ✱, ☉ I., ☒.

Professeurs honoraires

MM. VESSIOT, O. ✱, ☉ I.
GÉRARD, O. ✱, ☉ I., ☒ C.
RIGOLLOT, ✱, ☉ I.
COUTURIER, ✱, ☉ I., ☒.

Professeurs titulaires

MM. GRIGNARD, C. ✱, ☉ I., ☒ P. N., Membre de l'Institut, *Chimie générale.*
DULAC, ✱, ☉ I., *Calcul différentiel et intégral.*
MA-CART, ✱, ☉ I., ☒ *Astronomie physique.*
SIRE, ☉ I., ☒, *Mécanique rationnelle et appliquée.*
MEUNIER, O. ✱, ☉ I., *Chimie industrielle.*
BEAUVERIE, ✱, ☉ I., ☒ C., *Botanique.*
THOVERT, ✱, ☉ I., ☒, *Physique.*
CARDOT, ☉ I., *Physiologie générale et comparée.*
VANEY, ✱, ☉ I., ☒, *Zoologie.*
LONGCHAMRON, ✱, ☒ ☉, *Minéralogie.*
LOCQUIN, ✱, ☉ I., *Chimie générale.*
ROMAN, ☉ I., *Géologie.*
DÉJARDIN, ☉ I., *Physique.*
DOUIN, ✱, ☒ ☉ I., *Botanique.*
SOLLAUD, ☉ I., *Zoologie.*
LEMARCHANDS, ☉ I., *Chimie industrielle.*
EYRAUD, ☉ I., *Mathématiques.*
AUMÉRAS, ☉, *Chimie physique.*
FROMAGEOT *Chimie biologique.*

Maîtres de conférences et Chargés de cours complémentaires

MM. BONNET, ☉ I., *Zoologie appliquée et Zootechnie.*
MAYET, ✱, ☉ I., ☒, *Anthropologie.*
PELOSSE, ☉ I., *Sériciculture.*
DONCIEUX, ☉ I., P. C. N., *supérieur.*
SEYEWETZ, ✱, ☉ I., *Matières colorantes artificielles.*
Mlle BACHRACH, ☉ I., *Physiologie.*
MM. DARESTE DE LA CHAVANNE, ☉ I., *Géographie physique.*
DUFAY, *Astrophysique.*
VIRET, *Etude des Roches.*
RANSON, *Géométrie supérieure.*

Secrétaire

M. ROUX.



A LA MEMOIRE DE MON AMI

FRED SPECKERT

† 13 *juillet* 1928



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A MON PERE ET A MA MERE

Je leur dédie ce travail, témoignage de ma profonde affection et de ma vive reconnaissance.

A MES SOEURS

A MA FIANCÉE

MEIS ET AMICIS

A MON PRÉSIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR MEUNIER

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE FRANÇAISE DE TANNERIE
DIRECTEUR ADJOINT DE L'ÉCOLE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

A MES JUGES :

MONSIEUR LE PROFESSEUR LEMARCHANDS

PROFESSEUR DE CHIMIE INDUSTRIELLE

MONSIEUR LE DOCTEUR LOCARD

DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE POLICE TECHNIQUE DE LYON

AVANT-PROPOS

L'expertise des documents écrits, la plus décriée, est, en vérité, la plus difficile et la plus délicate des expertises.

On dira toujours que la comparaison des écritures (identification) est une opération psychologique, subjective, intuitive, qui ne mène qu'à une certitude morale. Tant vaut l'expert, tant vaut l'expertise. L'expert peut toujours être discuté.

Il y a donc un immense intérêt à faire progresser la partie physico-chimique dans l'expertise des documents écrits.

Edmond BAYLE disait un jour : il faut arriver à substituer l'analyse de l'encre à l'analyse de l'écriture. C'est une utopie. Mais il est vrai qu'il y a de nombreux cas où la détermination de l'encre en tant que composition qualitative, composition quantitative, altération, date, résoud le problème.

Or dans cet ordre d'idées, relativement peu étudié, il reste énormément à faire.

Nous apportons notre modeste contribution à l'examen et à l'identification des encres par des méthodes optiques et microchimiques.

La première partie de ce travail est vouée d'abord à l'étude de la composition chimique des encres à écrire. Parmi celles-ci, nous citons les plus importantes en usage actuellement, telles que les encres à base de tanin et de sels de fer, à base d'extrait de campêche et à base de matières colorantes artificielles.

Les principales méthodes optiques employées pour l'examen des traits d'encre sont décrites ensuite. Une place importante est réservée aux réactions microchimiques des différentes encres, permettant de les différencier et de les identifier.

Dans la seconde partie de ce travail, nous avons consigné les recherches sur les encres que nous avons effectuées au cours de notre stage au Laboratoire de Police Technique. Notre éminent maître, Monsieur le Docteur LOCARD, a été notre guide spirituel et bienveillant. Nous sommes heureux de l'assurer ici de notre vive gratitude et de notre profond attachement.

Nous tenons à remercier M. le Professeur MEUNIER qui nous a toujours reçu avec la plus grande bonté et nous donne une nouvelle marque de bienveillance en acceptant de présider notre jury de thèse. Nous lui exprimons ici toute notre reconnaissance.

M. le Professeur LEMARCHANDS nous a fait le grand honneur d'être de nos juges. Nous l'en remercions très vivement.

Nos remerciements vont ensuite à M. le Docteur SOBOLEWSKY, Directeur du Laboratoire de Police de Varsovie et à M. ROGEZ, Ingénieur-Chimiste de l'Usine Gardot, qui nous ont entourés de leurs précieux conseils.

Les Etablissements Joly et la Société Anonyme des Matières Colorantes et Produits Chimiques de St-Denis ont bien voulu nous donner une foule de précieux renseignements. Nous leur adressons nos sincères remerciements.

Nous remercions enfin nos camarades et amis du Laboratoire de Police Technique, MM. GRANGEVERSANNES, CHAMBON, DUFFAUX, POUX, PIOLAT, FAYE, PICAUD, STIRLING, LEUNG, Jacques LOCARD, BOUR et STIRN pour la part active qu'ils ont prise à l'élaboration de ce travail.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE 1

Chimie des encres à écrire

A. Encres gallo-tanniques

HISTORIQUE

Une des premières indications concernant la préparation d'une encre ferrotannique se trouve, d'après Mitchell et Hepworth (Inks. Their composition and manufacture, p. 7), dans une encyclopédie de l'art chrétien écrite par le moine Théophile (*Diversarum Artium Schedula*, lib. I. chap. XL, p.48 ; traduction de Hendrie). On faisait évaporer à sec une décoction de baies d'aubépine, et la poudre ainsi obtenue était mélangée à une solution de vitriol vert.

En 1393, fut publié un traité intitulé « Ménagier de Paris » qui contient une méthode de préparation d'une encre à base de sel de fer et de noix de galle.

Au 16^e siècle, ce sont en particulier les médecins italiens qui nous ont laissé des recettes pour la préparation des encres. Mitchell et Hepworth citent Canneparius, médecin de Venise, qui donna dans son ouvrage « *De Atramentis* » la description de plusieurs encres : l'encre noire p. ex. se préparait avec 3 parties de noix de galle macérées dans 30 parties de vin blanc, 1 partie de vitriol vert et 2 parties de gomme arabique.

Avec le physicien et chimiste anglais Robert Boyle (1626-1691), nous entrons dans l'ère des premières recherches sur la chimie des encres ferrogalliques. Il étudia l'influence des acides et des sels sur la formation du colorant insoluble de l'encre. Au cours de ses expériences systématiques, il observa que l'acide sulfurique détruisait la coloration d'un mélange de sulfate ferreux et de décoction de noix de galle et que cette coloration réapparaissait en ajoutant de la potasse. Outre les noix de galle, il examina une série d'autres végétaux susceptibles de donner avec le vitriol vert des colorations très foncées. (Hinrichsen, *Die Untersuchung von Eisengallustinten*, p. 10).

Par la suite, plusieurs savants s'appliquèrent à des recherches dans cette voie, parmi lesquels il importe de citer, vers le milieu du 18^e siècle, le médecin anglais William Lewis qui fit paraître ses résultats dans le « *Commercium Philosophico-technicum* » (or the philosophical commerce of arts), London 1763. Lewis trouva que le rapport des quantités de noix de galle et de sulfate de fer, communiquant la coloration la plus intense à l'encre, était de 3 : 1. Il fut aussi le premier à indiquer qu'un trop grand excès de sulfate de fer faisait virer les traits d'encre au brun et que, par contre, un excès de noix de galle ne donnait pas un noir assez intense.

De Lewis, vient également la découverte que l'extrait de bois de campêche ajouté à un mélange de sulfate de fer et de décoction de noix de galle fournit une encre d'un noir beaucoup plus franc. Comme formule de préparation donnant un bon rendement, il indique : 1

partie de sulfate de fer, 3 parties de noix de galle, 1 partie de bois de campêche, 1 partie de gomme arabique et comme dissolvant 40 parties de vin blanc ou de vinaigre.

En 1792, Ribeaucourt publia les résultats de ses recherches dans sa « Dissertation sur l'encre ordinaire » (Ann. Chim. Phys. 1792, t. 15, 113). Il préconisa l'emploi de l'eau comme dissolvant. Les encres de cette époque avaient toujours tendance à moisir. Mais si la décoction de noix de galle était, avant d'être mélangée au sulfate de fer, abandonnée à la moisissure, l'encre se conservait beaucoup mieux et gagnait en intensité.

L'effet de la moisissure a trouvé plus tard l'explication suivante : la décoction de noix de galle est constituée principalement par de l'acide tannique se décomposant pour former de l'acide gallique. Celui-ci n'est plus sujet à la moisissure et forme avec les sels de fer un composé plus foncé que l'acide tannique.

Cette décomposition du tanin est due, comme l'a démontré Van Tieghem (Ann. scienc. nat. 1867, 8. 210) à l'action d'un ferment, la tannase, qui scinde les tanins étherifiés. Ce ferment n'existe pas dans les noix de galle, mais est développé par des moisissures, telles que *penicillium glaucum* et *aspergillus niger* (Mitchell et Hepworth, loc. cit. ; Hinrichsen, loc. cit.).

Il faut attendre l'année 1856 pour trouver un nouveau progrès dans la fabrication des encres ferrogalliques. Jusqu'alors, ces encres étaient, comme nous l'avons vu, constituées presque sans exception par des mélanges de sulfate ferreux et d'extraits de noix de galle partiellement oxydés. Une partie du sel ferreux avait passé sous

l'action de l'oxygène de l'air à l'état de sel ferrique, en formant du tannate ferrique insoluble qui précipitait. Pour maintenir ce précipité en suspension, on employait de la gomme arabique. Le reste du sel ferreux s'oxydait une fois l'encre appliquée sur le papier. Pour intensifier la coloration, l'encre était parfois additionnée d'extrait de campêche, d'indigo ou aussi de noir de fumée.

Mais l'inconvénient était la mauvaise conservation de ces encres. Il n'était pas possible de la conserver sans qu'il se formât, après quelque temps, un précipité au fond des encriers. La plupart de ces encres fournissaient des traits qui résistaient mal à l'action de l'eau, n'étant constitués que par du tannate de fer collé aux fibres du papier par la gomme arabique.

En 1856, Leonhardi de Dresde fit breveter un nouveau type d'encre ferrogallique sous la désignation de « Encre à l'Alizarine ». Il partit du principe qu'il n'était pas nécessaire que l'encre contint le tannate ferrique déjà formé. L'oxydation de l'encre, et par conséquent la formation du composé ferrogallique insoluble, devait se produire seulement lorsque l'encre était sur le papier, sous l'influence de l'oxygène de l'air. En employant le carmin d'indigo, il obtint un mélange de sulfate ferreux et d'extrait de galls limpide et presque incolore auquel il ajoute de l'extrait de racine de garance pour donner une coloration « provisoire » à cette encre. Celle-ci avait une coloration verdâtre en écrivant. Après un certain temps, les traits de plume devenaient noirs, couvrant ainsi la coloration verdâtre provisoire. Comme la garance contient de l'alizarine, cette encre fut vendue sous le nom de « Encre à l'Alizarine ».

Le progrès réalisé fut donc que cette encre n'était plus une suspension, mais une solution limpide et filtrable, pénétrant les fibres du papier. Par oxydation lente, il se formait du tannate de fer, adhérant fortement au papier et assurant ainsi une plus grande stabilité aux traits d'encre.

C'est d'après ce principe que sont fabriquées encore aujourd'hui les encres gallo-tanniques. L'extrait de garance et le carmin d'indigo ont été depuis remplacés par des matières colorantes artificielles, permettant d'obtenir une grande variété de nuances dans la coloration provisoire des encres.

Ces colorants sont acides et bien solubles, sur lesquels les acides, les sels de fer et le tanin n'ont pas d'action précipitante. On emploie des colorants azoïques tels que :

Tartrazine.

Orangé 2.

Ponceau de xylidine 3RS.

Noir naphtaline 5B.

Noir naphtaline 12B.

Mais ce sont surtout des colorants dérivés du triphénylméthane qui sont utilisés de préférence, tels que :

Violet acide 5BE.

Vert sulfo J80.

Vert acide naphtaline J.

Bleu soluble pour soie 6B.

Bleu soluble pour encre ext. conc.

(d'après renseignements de la Société anonyme des matières colorantes et produits chimiques de St Denis).

La décoction de noix de galle a fait place au tanin industriel et à l'acide gallique. On acidifie l'encre, en employant des acides minéraux tels que l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique, pour empêcher la formation de précipités.

L'encre est additionnée d'une faible quantité d'un antiseptique, p. ex. de phénol, de thymol ou d'acide salicylique.

Schluttig et Neumann (Die Eisengallustinten, p. 71) sont arrivés, au cours de leurs recherches qui sont restées classiques, à la formule rationnelle suivante :

1 litre d'encre gallo-tannique contient :

Tanin pur	23 gr. 4
Acide gallique	7 gr. 7
Sulfate de fer	30 gr. 0
Gomme arabique	10 gr. 0
Acide chlorhydrique	2 gr. 5
Phénol	1 gr. 0

En outre, il faut ajouter un colorant provisoire, à la dose de 1 - 2 gr. par litre.

On trouve dans les ouvrages traitant de la fabrication des encres, un grand nombre de formules de préparation qui, si elles sont utilisables, correspondent à celle indiquée ci-dessus. Mais il y en a qui sont de vrais monstres alchimiques. Quant aux publications sur les procédés de fabrication de l'encre, elles sont rares et les brevets qui ont été pris ne donnent pas beaucoup d'indications.

Le fabricant ne tient pas à divulguer son expérience acquise à force de longues, patientes et coûteuses recherches (Rammstedt, *Tinte und Tusche*, p. 105).

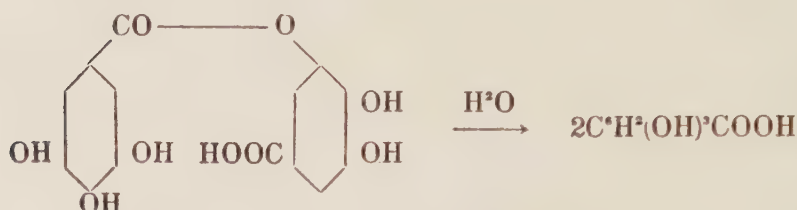
Constitution du tannate de fer.

Nous arrivons maintenant à l'étude de la composition du trait d'encre gallo-tannique sur le papier. Les encres modernes à base de gallate et de tannate de fer donnent des traits d'encre visibles de prime abord sur le papier, grâce à la présence d'un colorant provisoire, généralement bleu. Mais les sels ferriques du tanin et de l'acide gallique ne se forment que peu à peu par oxydation à l'air libre. Après un certain temps qui varie avec les encres des différentes marques commerciales, et aussi avec le lieu où séjourne un document écrit, les traits d'encre accusent une coloration d'un bleu-noir très foncé, par suite de la formation de tannate et de gallate ferriques noirs. On dit que l'encre a vieilli.

A l'heure actuelle, la composition et l'évolution du tannate et du gallate ferriques ne sont pas encore complètement connues. Comment pourraient-elles l'être puisque la constitution du tanin n'est pas encore établie de façon définitive ? D'ailleurs aussi, des tanins provenant de différents végétaux sont utilisés pour la fabrication des encres.

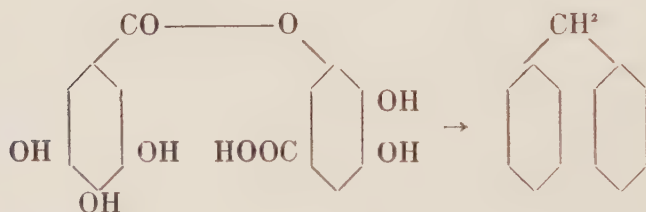
On admettait autrefois que le tanin ou acide tannique était un acide galloylgallique (Scheele 1786 ; Wittstein, *Jahresber. d. Chem.* 1853, 453 ; Steer, *ibid.* 1856, 482). Par hydrolyse au moyen d'acide sulfurique étendu, il

se forme en chauffant 2 molécules d'acide gallique suivant l'équation :



Schiff (Ber. d. chem. Ges. (1871) 232) obtint en chauffant l'acide gallique avec de l'oxychlorure de phosphore un composé donnant toutes les réactions essentielles du tanin, ce qui semblait confirmer la constitution galloyl-gallique du tanin.

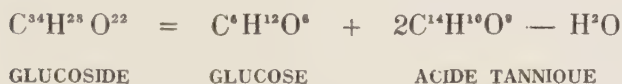
D'autre part, Nierenstein (Ber. d. chem. Ges. (1905) 3641) obtint du diphenylméthane en réduisant l'acide tannique par la poudre de zinc :



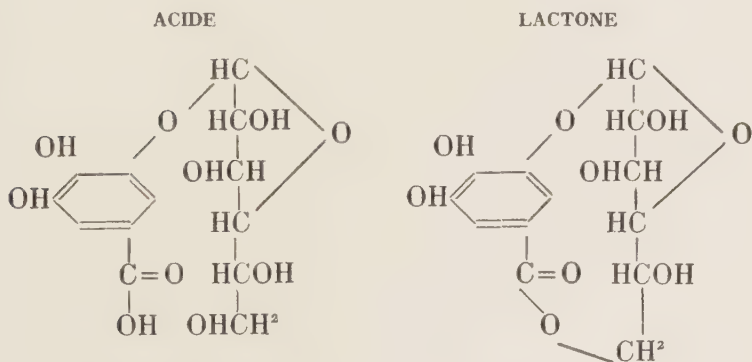
Mais Van Tieghem (Ann. Sc. nat. (5) 8 (1867) 210) découvrit que l'acide tannique était doué d'activité optique. Les recherches de Flawitzky (Journ. d. russ. physik.-chem. Ges. 22 (1890) 362) et celles de Günther (Ber. d. chem. Ges. (1895) 179) vinrent confirmer l'observation de Van Tieghem. On pensa alors que le tanin était d'une constitution beaucoup plus compliquée. Dans la formule

de Schiff, il ne se trouve pas d'atome de carbone asymétrique, grâce auquel aurait pu s'expliquer le pouvoir rotatoire du tanin.

Strecker (Ann. Chem. Pharm. 1854, 40. 238) était arrivé à la conclusion que l'acide tannique était un glucoside se décomposant par fermentation suivant l'équation :



Feist (Chem. Zeitg. 32 (1908) 918) isola en traitant les noix de galle de Turquie par le chloroforme, le benzène et l'éther anhydre un produit pur, cristallisant bien et auquel il attribua les deux formules suivantes :



Les résultats de l'analyse et de la détermination du poids moléculaire parlent plutôt en faveur de la forme lactonique.

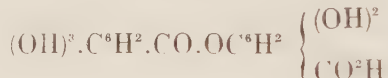
Plus récemment, Emile Fischer et ses collaborateurs (Rammstedt, loc. cit. p. 105 ; Freudenberg, Die Chemie

der natürlichen Gerbstoffe) obtinrent par hydrolyse du tanin de galles d'Aleppe, 5 molécules d'acide gallique et 1 molécule de glucose.

Le tanin le mieux étudié par Fischer provient d'une espèce de sumac : *Rhus Semialata* (Chine). Sa structure a été établie par décomposition aussi bien que par synthèse. En le chauffant en présence d'acide sulfurique étendu, il se scinde en acide gallique et glucose. En partant de ces deux substances, Emile Fischer est arrivé à constituer un composé, le pentadigalloylglucose :



Ce composé présente une très grande analogie avec le tanin. A cet effet, Fischer prépara d'abord le dipeptide de l'acide gallique, l'acide galloylgallique :



En faisant réagir le chlorure de ce dernier sur le glucose, il obtint le pentadigalloylglucose.

Des chimistes, tels que Pelouze, Wittstein, Schluttig et Neumann, Mitchell, Hinrichsen et, plus récemment, Zetsche se sont efforcés de déterminer la constitution du tannate et du gallate ferriques. Mais le problème est loin d'être résolu pour les raisons suivantes :

1° La constitution des tanins, comme nous venons de le voir, n'est pas encore complètement connue.

2° Il se forme par oxydation à l'air en premier lieu des sels ferriques du tanin et de l'acide gallique (sels

primaires). Puis l'action de l'oxygène se continue sur l'ensemble des groupements phénoliques (sels secondaires).

Pelouze (Ann. Chim. Phys. 54. 1833, 337) en faisant réagir du sulfate ferrique sur une solution de tanin avait obtenu un précipité de coloration noire contenant 12 % de Fe^2O^3 (= 8,4 % de Fe).

Plus tard, Wittstein (Jahresber. d. Chem. 1848, 28. 221) prépara une série de tannates de fer dans lesquels il trouva de 8,4 % à 56,3 % de Fe^2O^3 .

Schiff (Ann. Chem. Pharm. 1875, 175. 176) groupa les sels obtenus par Wittstein en deux séries :

1° Ceux dans lesquels FeO — est substitué à l'atome de H dans la molécule d'acide ;

2° Ceux dans lesquels plusieurs molécules d'acide remplacent graduellement les groupes hydroxydes dans $\text{Fe}^2(\text{OH})^6$.

En donnant au tanin la constitution de l'acide galloyl-gallique :



Schiff établit pour les sels de Wittstein les formules suivantes :

FORMULES	Fe calc. %	Fe^2O^3 calc. %	Fe^2O^3 trouvé %
$\text{C}^{14}\text{H}^9(\text{FeO})\text{O}^9$	14,21	20,3	20,15
$\text{C}^{14}\text{H}^7(\text{FeO})^3\text{O}^9$	31,36	44,8	42,8
$\text{C}^{14}\text{H}^6(\text{FeO})^4\text{O}^9$	36,95	52,8	à

FORMULES	Fe calc. %	Fe ² O ³ calc. %	Fe ² O ³ trouvé %
$C^{14}H^8(FeO)^5O^9$	41,36	58,99	56,3
$\begin{array}{c} Fe(C^{14}H^8O^9)^3 \\ \\ Fe(C^{14}H^8O^9)^3 \end{array}$	5,53	7,9	8,4
$\begin{array}{c} \quad \quad C^{14}H^8O^9 \\ \quad \quad // \\ Fe \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad C^{14}H^8O^9 \\ \quad \quad \quad \backslash \\ Fe \quad \quad \quad C^{14}H^8O^9 \\ \quad \quad \quad // \\ \quad \quad \quad C^{14}H^8O^9 \end{array}$	8,00	11,5	12,0
$\begin{array}{c} \quad \quad C^{14}H^8O^9 \\ \quad \quad // \\ Fe \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad C^{14}H^8O^9 \\ Fe \quad \quad \quad // \\ \quad \quad \quad C^{14}H^8O^9 \end{array}$	10,43	14,9	13,4 14,9 15,4
$\begin{array}{c} \quad \quad O \\ \quad \quad // \\ Fe \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad C^{14}H^8O^9 \\ \quad \quad \quad \backslash \\ Fe \quad \quad \quad C^{14}H^8O^9 \\ \quad \quad \quad // \\ \quad \quad \quad O \end{array}$	14,21	20,3	20,15

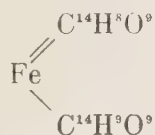
FORMULES	Fe calc. %	Fe ² O ³ calc. %	Fe ² O ³ trouvé %
$ \begin{array}{c} \text{HO} \quad \text{C}^{14}\text{H}^8\text{O}^9 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} = \text{Fe}^2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{C}^{14}\text{H}^8\text{O}^9 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} = \text{Fe}^2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{HO} \quad \text{C}^{14}\text{H}^8\text{O}^9 \end{array} $	17,63	25,2	25,0

Schluttig et Neumann (loc. cit. p. 46) en soumettant à l'action de l'oxygène de l'air des mélanges de solutions le tanin et de sulfate ferreux (FeSO⁴.7H²O) obtinrent des précipités qui, desséchés à 100°, contenaient en moyenne 6,35 % de Fe.

Par calcination de ces précipités, ils déterminèrent des chiffres établissant, en définitive, un rapport de 1 : 2,88 entre le sulfate ferreux et le tanin pur.

D'ailleurs, Schluttig et Neumann n'attachent pas trop d'importance à ces chiffres, vu qu'à côté du tanin, il y a aussi l'acide gallique et d'autres corps encore qui influent sur la formation du sel ferrique.

Hinrichsen (loc. cit. p. 38) attribue, à son tour, au tannate ferrique qui se forme peu à peu sur le papier par oxydation de l'encre à l'air, la formule suivante :



Les recherches les plus récentes concernant la chimie des traits d'encre gallo-tannique sont dues à Zetzsche et,

surtout au point de vue criminalistique à Mezger, Rall et Heess.

Nous étudierons d'abord, pour rester dans l'ordre chronologique adopté, les conclusions auxquelles arriva Zetzsche. (Ann. 1924, 435. 233 ; 1925, 445. 283).

Cet auteur observa spécialement l'oxydation du tannate et du gallate ferriques et trouva qu'il se produisait un dégagement de CO^2 provenant des groupes carboxyliques. Une fois que l'encre est sur le papier, et après la neutralisation plus ou moins complète des acides, il y a d'abord formation des sels ferreux (digallate ferreux soluble, monogallate et tannate ferreux insolubles) de coloration vert-clair. Ces sels ferreux subissent aussitôt l'action de l'oxygène de l'air et il se forme les sels ferriques de l'acide gallique et du tanin, de coloration bleu-violet. Le sel ferrique de l'acide gallique est le monogallate ferrique (acide ferrimonogallique) et celui du tanin très probablement le pentatannate ferrique (sels primaires de l'encre).

L'action de l'humidité et de l'oxygène de l'air se continuant sur ces composés ferriques, ceux-ci se scindent avec dégagement de CO^2 provenant du groupe carboxylique étherifié (sels secondaires). Ils ont une coloration brune et sont probablement identiques aux composés ferriques du pyrogallol. La couleur noire intense des traits d'encre gallotannique provient donc du mélange des sels primaires bleu-violet et des sels secondaires bruns.

Mezger, Rall et Heess (Zeitschr. f. angew. Chem. 31. 1931, 645 ; Beiträge z. krim. Sympt. u. Techn. ; Arch. f. Krim. 92. 1933, 107) sont les auteurs de nouvelles mé-

thodes chimiques d'identification des encres et sont les premiers à avoir mis au point la détermination de l'âge d'une encre figurant sur un document.

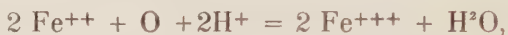
Au cours de leurs recherches, ils firent les constatations suivantes : l'acide libre que contiennent les encres gallo-tanniques ne peut, contrairement à l'opinion de certains auteurs, être neutralisé par le papier, car le papier lui-même donne une réaction acide. La détermination du pH pour différentes sortes de papier a donné une moyenne de $\text{pH} = 4$. Une atténuation de l'acidité de l'encre a lieu du fait que le sulfate d'alumine que contient le papier exerce une action de tampon. Par cela, la formation des sels ferriques, bloquée par l'acidité assez élevée de l'encre, peut avoir lieu sur le papier. Du fait de cette atténuation, la quantité d'acide n'est pas diminuée.

Mais Mezger, Rall et Heess ont observé, d'autre part, que des chlorures et des sulfates que peuvent contenir les encres se répandent peu à peu dans la masse du papier par diffusion. D'ailleurs, c'est sur ce phénomène que se basent leurs méthodes de détermination de l'âge d'une encre. Nous reviendrons sur la question des chlorures et des sulfates présents dans les traits d'encre dans le chapitre III, au cours de l'étude de l'analyse microchimique des encres.

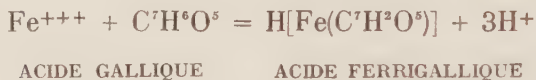
L'acide libre de l'encre, dont il est question plus haut, se trouve neutralisé du fait que les chlorures présents dans l'encre ne sont pas diffusés sous forme de chlorure de sodium, par exemple, mais sous forme d'acide chlorhydrique libre. Il a été possible de prouver la réaction acide aux abords immédiats des traits d'encre épais au

moyen d'un indicateur, tel que le bleu de bromophénol.

En outre, il y a encore à prendre en considération un fait qui joue un rôle décisif. Les encres gallo-tanniques contiennent par molécule de sel ferreux environ 1 molécule d'acide libre et 1 molécule d'acide gallique (équivalent à 1/5 de molécule de tanin) et la formation du composé ferrique a lieu suivant l'équation :



c'est-à-dire que l'acide libre de l'encre est employé d'abord pour la formation du sel ferrique. La formation du colorant de l'encre s'achève d'après l'équation suivante :



c'est-à-dire que la totalité des sels neutres de l'encre est transformée en acide libre par suite de la formation du composé coloré de l'encre.

B. Encres à base d'extrait de campêche

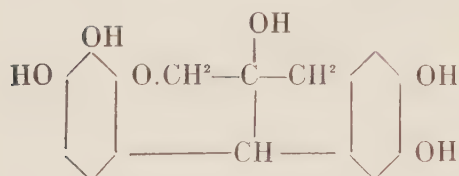
Une autre catégorie d'encre à écrire très répandue et dont nous nous occuperons dans ce travail, comprend les encres à base d'extrait de campêche. Elles ne sont pas aussi anciennes que les encres ferrogalliques.

Nous avons vu plus haut que l'extrait de bois de campêche avait été déjà employé par Lewis, en 1748, dans la préparation d'une encre ferrogallique, pour en intensifier la coloration.

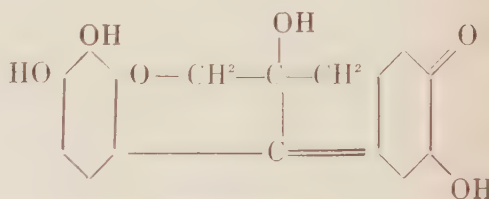
En 1847, Runge (*Grundriss d. Chemie*, 2, 205) découvrit qu'en chauffant une faible quantité de chromate de potassium avec l'extrait de bois de campêche, on obtenait une solution d'une coloration bleu-noir très intense, de réaction neutre, constituant une encre donnant des traits d'un noir franc. Vis-à-vis des encres ferrogalliques acides, cette encre avait le grand avantage de ne pas attaquer les plumes d'acier.

Les substances extraites du bois de campêche sont l'hématoxyline et son produit d'oxydation, l'hématéine. Voici d'après Reim (*Ber. d. chem. Ges.*, 1871, 4, 332 ;

Rammstedt, loc. cit. p. 119), les formules de constitution probables de l'hématoxyline et de l'hématéine :



HÉMATOXYLINE



HÉMATÉINE

L'hématoxyline a été découverte en 1810, par Chevreul (Ann. Chim. Phys., 1812, 86, 126). Elle a été obtenue également par Hesse (Ann. Chem. Pharm., 1859, 109, 332) sous forme de cristaux incolores contenant 3 molécules d'eau. Par distillation sèche de l'hématoxyline, on obtient du pyrogallol et du résorcinol (ou un dérivé de ce dernier).

L'hématéine a été découverte et étudiée par Erdmann (Ann. Chem. Pharm., 1842, 44, 292). Ce composé forme de petits cristaux anhydres de coloration jaune-vert, ayant un lustre métallique, peu solubles dans l'eau, l'alcool ou l'éther. Malgré sa faible solubilité dans l'eau (0,06 % à 20°), la solution aqueuse a une coloration intense.

Dans les alcalis, l'hématéine se dissout facilement en formant des composés de coloration violette ou brun-pourpre. Le composé ammoniacal $C^{16}H^{12}O^6 \cdot 2 NH^3$ est précipité par un grand nombre de sels métalliques. Ainsi il donne avec le sulfate de cuivre un précipité bleu-noir, violet foncé avec l'alun et noir avec le sulfate de fer. Avec les chromates, l'hématéine forme une laque.

Voici ci-après les principaux types d'encre au campêche que l'on peut rencontrer dans le commerce :

- 1° encres à base de chromates et de bichromates ;
- 2° encres à base de sulfate de cuivre et d'aluns ;
- 3° encres à base de sulfate de fer.

Nous empruntons à Mitchell et Hepworth (loc. cit. p. 103) les formules de préparation de ces trois types d'encre que nous ne donnons qu'à titre d'indication :

1° Extrait de campêche et bichromate de potassium :

Extrait de campêche	100 gr.
Bichromate de potassium	3 gr.
Acide chlorhydrique	25 cc.
Phénol	3 gr.
Gomme arabique	30 gr.
Eau calcaire	1800 cc.

L'encre proposée par Runge (voir plus haut) a été modifiée par Böttger (Dingler's polyt. Journ., 1859, 151. 431 ; 1869, 191. 175) par l'addition de carbonate de soude :

Extrait de campêche	15 gr.
Chromate de potassium	1 gr.
Carbonate de soude crist.....	4 gr.
Eau	1000 cc.

2° Extrait de campêche, sulfate de cuivre et alun :

Extrait de campêche	20 kg.
Alun $\text{Al}^2(\text{SO}^4)^3 . (\text{NH}^4)^2\text{SO}^4$...	10 kg.
Acide sulfurique	200 cc.
Sulfate de cuivre	1 kg. 5
Eau	240 litres

3° Extrait de campêche et sulfate de fer :

Extrait de campêche	20 gr.
Sulfate ferreux	30 gr.
Carbonate de soude crist.....	100 gr.
Acide oxalique	20 gr.
Eau	1000 cc.

C. Encres à base de matières colorantes

Nous avons encore à étudier une autre catégorie d'encres à écrire dont l'emploi est des plus répandu. Ce sont les encres à base de matières colorantes artificielles. Elles doivent leur popularité à l'avantage de ne pas attaquer les plumes d'acier. Comme elles sont en outre très fluides et qu'elles n'encrassent pas les plumes, ces encres sont spécialement désignées à alimenter les porte-plumes à réservoir.

Les premières encres à base de colorants artificiels apparaissent sur le marché peu après les débuts de l'industrie des matières colorantes organiques. Les premiers brevets ont été pris en 1868 (Mitchell et Hepworth, loc. cit. p. 116).

Pour la préparation de ces encres, on emploie des colorants soit basiques, soit acides, facilement solubles, à raison de 2,5 à 20 grammes par litre, d'après la concentration et le pouvoir tinctorial de la matière colorante.

Nous indiquons ci-après un certain nombre de colorants entrant dans la composition de ces encres et que la Société des matières colorantes et produits chimiques

de St-Denis a mis à notre disposition pour nos recherches :

Colorants basiques :

Auramine O
Orangé d'acridine
Fuchsine A
Grenadine R
Violet de méthyle 300XE
Violet de méthyle 300XE YZ pour encre
Violet de méthyle 300XE MZ pour encre
Violet de méthyle 38219
Violet de méthyle B extra conc.
Violet de méthyle 5B extra conc.
Violet benzylé (350 N)
Violet cristallisé
Bleu Victoria B
Bleu méthylène 4 B
Bleu thionine G
Vert malachite J3ES
Vert brillant
Noir pour encre B pur
Noir encre G, GYZ, GKZ, GFZ
Noir P2184 pour encre

Colorants acides :

Tartrazine
Orangé 2
Orangé de xylidine L

Ponceau de xylidine 3RS
Eosine 39573
Fuchsine acide
Rhodamine B
Ponceau brillant 4R
Ecarlate pour laine P3R
Violet acide 5BE
Bleu soluble pour soie 6B
Bleu soluble pour soie 8B
Bleu soluble C6B extra conc.
Bleu soluble pour encre extra conc.
Bleu pour laine SLV
Sulfindigotine
Vert sulfo J80
Vert acide naphtaline J
Noir naphtaline 12B
Noir naphtaline 5B extra
Noir pour encre ferrogallique R

Comme épaississant pour ces encres, la gomme arabique est le plus fréquemment employée et comme antiseptique on trouve très souvent une solution alcoolique d'acide salicylique. Certaines encres sont acidifiées au moyen d'acide sulfurique ou chlorhydrique.

Une addition de sucre et de glycérine rend ces encres communicatives.

CHAPITRE II

**Examen optique
des traits d'encre**

Les méthodes optiques employées pour l'examen des traits d'encre dans les laboratoires de criminalistique sont très nombreuses et variées. Elles s'attaquent à l'identification des encres avec toute la gamme des radiations lumineuses allant de l'infra-rouge à l'ultra-violet, soit de $\lambda = 9000 - 2000 \text{ \AA}$.

Toutes ces méthodes se basent soit sur l'absorption, soit sur la réflexion par les traits d'encre de radiations de différentes longueurs d'onde. On peut diviser les principales méthodes optiques utilisées en :

- 1° microscopiques ;
- 2° colorimétriques ;
- 3° photographiques (macro- et microphotographiques) ;
- 4° spectroscopiques (spectrographiques).

Nous n'aborderons dans ce chapitre que les méthodes microscopiques et colorimétriques et nous étudierons d'abord les microscopes spéciaux destinés à l'expertise des documents écrits.

A. Microscopes

Türkel (*Atlas der Bleistiftschrift*, pp. 16-24) donne la description détaillée des principaux instruments utilisés dans la plupart des laboratoires modernes. Tous n'ont pas été conçus spécialement pour l'examen des documents écrits, mais étaient destinés primitivement, par exemple, à la métallographie, à la dermatologie et à l'ophtalmologie.

Les différents microscopes comportent soit un tube monoculaire, soit un tube binoculaire. Les uns sont munis d'une platine mobile de grande dimension, permettant ainsi de présenter n'importe quel endroit d'un document sous l'objectif. Nous citerons parmi ceux-ci le graphoscope de Locard et le « *Schriftenmikroskop* » de Dennstedt. Les autres n'ont pas de platine ; ils sont destinés à être placés directement sur un document au moyen d'un support ad hoc. Ce sont les microscopes binoculaires stéréoscopiques de Nachet, Reichert, Leitz, Zeiss, Bausch et Lomb, le « *Schriftenmikroskop* » de Türkel-Reichert, ainsi que le microscope de Brinell, le dermatoscope de Reichert, etc.

Il est évident que cette liste n'est pas complète. Dans le commerce, il existe un grand nombre de microscopes pouvant servir dans l'expertise des documents écrits, mais dont l'énumération nous mènerait trop loin.

Au cours de nos recherches, nous avons fréquemment utilisé le graphoscope de Locard dont on trouvera ci-après une partie de la description donnée par son auteur (*Rev. Int. Criminalistique*, 1929, 1, 113) : « Une planchette de 38 cm. sur 30 cm., dont la surface utile est de 38 cm. sur 28 cm., porte un microscope binoculaire monté sur un pont, de telle façon que l'appareil peut courir à l'aide d'une double vis micrométrique sur toute la surface de la planchette, une des vis déplaçant le pont de haut en bas, l'autre déplaçant le microscope sur le pont dans le sens de la largeur.

D'autre part, la planchette porte-objet (ou proprement porte-papier) est montée sur une charnière permettant de la disposer à des valeurs angulaires variables allant de l'horizontalité jusqu'à 45°.

J'ai préféré le dispositif binoculaire, d'abord parce que la vision est plus nette, ensuite parce que la sensation de relief permet de distinguer au moins dans certaines conditions d'éclairage, l'ordre de superposition des traits dans les croisements, problème dont tous les spécialistes savent la difficulté et l'importance.

Les grossissements employés sont très différents. J'insiste sur l'inutilité des grossissements très forts. L'optimum est de parcourir le document avec une multiplication de 8 fois en surface, quitte à reprendre les points importants : grattages, tremblements, reprises, retouches, surcharges, lavages, avec des grossissements

de 23 et de 41 fois. Lorsque l'examen déceale un point utile, on substitue au porte-oculaire binoculaire un monoculaire sur lequel est monté un petit appareil photographique spécial. On peut ainsi photographier immédiatement le détail utile ».

Mais il s'agit presque dans tous les cas de comparer des traits d'encre entre eux. Ceux-ci peuvent figurer sur un ou plusieurs documents et sont éloignés les uns des autres. Par conséquent, ils ne peuvent pas tenir simultanément dans le champ d'un microscope. On les examine alternativement en déplaçant soit le document, soit le microscope, ce qui est souvent malaisé et occasionne des pertes de temps.

Les difficultés qui semblent surgir ici sont déjouées par l'emploi d'un microscope de comparaison. Celui-ci se compose en principe de deux microscopes dont les images sont interceptées au moyen d'un jeu de prismes par un oculaire central où on peut les observer juxtaposées. Parmi ce genre de microscopes, nous citerons le Synchroniscope de Stirling (*Rev. Int. Criminalistique*, 1934, 5, 267) avec lequel nous avons également travaillé au cours de nos recherches.

Le Synchroniscope comporte un tube horizontal à branches extensibles portant à leurs extrémités les deux objectifs. A l'intérieur du tube est logé un jeu de prismes canalisant les rayons venant des deux objectifs vers l'oculaire qui se trouve monté sur le centre du tube. L'appareil est supporté par un pied réglable en hauteur par pignon et crémaillère. Les branches extensibles permettent d'adapter l'écartement des objectifs à la grandeur d'un document. Les objectifs sont montés sur pas

de vis hélicoïdal et la mise au point précise se fait par rotation de cette monture.

En utilisant un microscope de comparaison, on dispose les traits d'encre à examiner sous chaque objectif, et la comparaison des traits peut maintenant se faire simultanément sans grande difficulté. C'est ainsi qu'on perçoit, surtout avec les forts grossissements et en lumière transmise, de très petites différences existant dans la structure des traits d'encre et dans la nuance des teintes qui auraient probablement échappé au cours d'un examen pratiqué séparément pour chaque trait.

B. Technique microscopique

L'examen microscopique se pratique à différents grossissements, soit en lumière incidente (réfléchie), soit en lumière transmise. On peut aussi combiner ces deux modes d'éclairage. Suivant les cas, il importera de travailler avec la lumière du jour, la lumière artificielle provenant de lampes à filament incandescent, la lumière monochromatique et la lumière polarisée. L'examen de la fluorescence provoquée par les rayons ultra-violetes est également indiqué.

1° *Examen en lumière incidente* : Il importe d'examiner la surface d'un trait d'encre en variant l'angle d'incidence, la direction et l'intensité de la lumière employée. Pour les angles voisins de 90° , il est préférable de se servir d'un opak-illuminator, de l'épimicroscope de Zeiss, ou encore mieux de l'ultropak de Leitz. Nous donnerons une description de l'ultropak dans la seconde partie de ce travail, puisque nous l'avons utilisé au cours de nos recherches.

L'éclairage par la lumière incidente peut être varié à volonté et il est nécessaire d'observer en se servant

d'un éclairage uni - ou omnilatéral. Il nous semble presque superflu d'insister sur l'emploi de filtres verts, bleus, jaunes et rouges suivant qu'on veut augmenter ou diminuer le contraste ou adapter la sensibilité de l'œil ou de la plaque photographique à une encre donnée.

L'observation de la fluorescence due à l'action des rayons ultra-violetes et se manifestant sur les traits d'encre, demandait jusqu'à ces dernières années une instrumentation microscopique spéciale (Danckworth, Lumineszenz-Analyse). Mais, grâce à l'ultropak inventé par Heine (Zeitschr. f. wissensch. Mikr. Bd. 48, H. 4 1931), l'application des rayons ultra-violetes incidents est devenue courante et aisée en microscopie criminalistique.

Examiné à un fort grossissement, un trait d'encre quelconque ne donne pas d'image nette par suite d'irisations produites par réflexion et réfraction de la lumière incidente sur les surfaces des fibres du papier. Pour parer à cet inconvénient, il suffit souvent d'employer seulement un faisceau de lumière polarisée, comme l'a montré Langenbruch (Zeitschr. f. Graph. 2. 5. 1932). On observe alors entre nicols croisés. Dans ce cas, l'ultropak peut également fournir, grâce à un polarisateur spécial, un éclairage idéal par lumière polarisée incidente.

2° *Examen en lumière transmise* : Une autre technique microscopique consiste à examiner les traits d'encre par transparence. Elle est nécessaire pour arriver à déceler la présence des différents pigments et la formation d'un dépôt à l'intérieur des traits.

Les papiers minces sont en général suffisamment

transparents et n'exigent pas de préparation spéciale pour l'examen par transparence.

Il n'en est plus de même pour les papiers épais et colorés. Ceux-ci doivent subir un traitement pour être rendus transparents. On imbibé légèrement l'endroit du papier où figure un trait que l'on veut examiner par l'application d'une goutte d'huile de vaseline ou mieux de tétrachlorure d'éthane (Locard, Manuel de technique policière, p. 219). Mais le tétrachlorure d'éthane a l'inconvénient de s'évaporer rapidement. Türkcl (loc. cit. p. 23) préconise l'emploi d'un produit similaire, moins volatile et ne laissant point de traces, désigné par « Transparentöl ».

L'éclairage le mieux approprié doit être déterminé pour chaque cas. Pour les papiers épais et en travaillant avec un fort grossissement, l'emploi d'un condenseur d'Abbe est nécessaire. Mais en général, un éclairage diffus fourni par une lampe à filament incandescent placée sous le document à examiner, suffit largement.

Comme pour l'examen en lumière incidente, il faut employer des filtres colorés.

3° *Grossissements* : La plupart des auteurs consultés préconisent l'emploi des grossissements allant de 8 à 40 diamètres. De notre côté, nous avons examiné la structure des traits d'encre en usant de grossissements beaucoup plus forts, par exemple 80, 110 et 165 diamètres. Seulement, avec ces forts grossissements, les traits d'encre doivent subir une préparation spéciale que nous avons mise au point et que nous exposerons dans la seconde partie de ce travail.

C. Examen colorimétrique

Il est fait usage pour la confection des documents écrits d'une grande variété d'encre noires, bleu noir, bleues, violettes, etc. Par l'examen de la coloration des traits d'encre, il sera possible, dans certains cas, de distinguer deux sortes d'encre.

Pour la détermination des couleurs des traits d'encre, Osborn (*Questioned Documents*, p. 471) a fait construire un microscope de comparaison, avec lequel il utilise les écrans colorés du « Tintometer » de Lovibond. Avec 50 écrans rouges, jaunes et bleus, rigoureusement gradués, il est possible, en les superposant par deux ou par trois, d'obtenir un grand nombre de teintes. Combiné avec les écrans de Lovibond, le microscope d'Osborn est connu sous le nom de « Color Microscope ».

Sous l'un des tubes du color microscope se place le trait d'encre à examiner, sous l'autre, se trouve un fond blanc neutre formé de sulfate de calcium. Dans ce tube on peut insérer et superposer les écrans rouges, jaunes et bleus qui portent tous un indice correspondant à une échelle de graduations des couleurs. Par l'oculaire du

microscope, on observe dans une moitié du champ la teinte du trait d'encre, teinte qu'il est possible d'établir dans l'autre moitié du champ par la combinaison de deux ou trois écrans superposés.

Par exemple, pour une encre noire à base de nigrosine, Osborne obtient :

rouge	jaune	bleu
1.6	.90	3.6

et pour une encre noire à base d'extrait de campêche donnant également des traits noirs :

rouge	jaune	bleu
1.9	.90	3.4

En cas d'identité des encres examinées, on doit obtenir les mêmes indices des écrans rouges, jaunes et bleus.

Cette méthode permet d'apprécier les moindres différences de coloration existant entre deux encres, à condition d'opérer avec un éclairage toujours rigoureusement identique. Il est évident qu'il faut choisir des traits d'encre de même épaisseur.

D. Aspect microscopique des traits d'encre

Locard (Manuel de technique policière, 2^e éd. p. 218) donne la description suivante de l'aspect microscopique des traits d'encre : « Un trait à l'encre, examiné à un grossissement de 10 diamètres, apparaît comme formé de deux lignes foncées correspondant au contact des becs de plume, entre lesquelles est un espace en nuances dégradées de la périphérie au centre, au point que parfois, l'axe du trait est blanc. La partie colorée, à l'intérieur des traits limitants, est faite d'un piqueté plus ou moins serré de points noirs pour les encres anciennes, d'un piqueté alterné de points noirs et de points rouges, violets ou bleus pour les encres noires modernes à oxydation lente, d'un piqueté de points colorés pour les encres de couleur. La dimension des points, leur nuance, leur concentration donnent déjà des indications sur l'identité des encres employées, surtout s'il s'agit d'une surcharge sur une même lettre. En outre, les encres riches en gomme seront plus brillantes, et n'auront pas une zone de bavure en dehors des traits limitants. Enfin, les variations de l'éclairage en intensité et en obliquité permettent de différencier des encres semblables au pre-

mier aspect. Mais il faudra toujours craindre de confondre les différences de quantités d'encre avec les différences d'espèce. Un même trait en deux points plus ou moins appuyés donne des aspects microscopiques opposés. L'examen microscopique ne fournit donc que des indications ».

Souvent il est utile de pousser l'examen microscopique avec de plus forts grossissements, par exemple 50 diamètres et plus, soit en lumière transmise, soit en lumière incidente, soit les deux modes d'éclairage combinés, pour déceler la présence de corps étrangers sous forme de poussières. Celles-ci ont pu se mélanger accidentellement à l'encre dans l'encrier et peuvent être retrouvées dans les traits sur le papier. L'examen des poussières dans l'encre fournit des indications précieuses quant à l'identité de l'encre employée. C'est ainsi que Mitchell et Ward (*Analyst*, 52. 1932, 760) citent des cas, où l'identification de l'encre a été grandement facilitée, grâce à des fibres végétales, des fibres d'amiante, des grains d'amidon, de la poudre de craie inclus dans des traits d'encre.

CHAPITRE III

Examen microchimique des traits d'encre

En raison de la quantité minimale d'encre contenue dans un trait sur le papier, on ne peut songer à un dosage des constituants. Comme il s'agit aussi d'altérer un écrit le moins possible par une intervention chimique, l'expert ne peut effectuer que quelques réactions seulement attaquant les traits d'encre sur le papier. Malgré que l'endroit touché avec un réactif soit extrêmement limité et que l'excès de réactif soit soigneusement éliminé, le document sera altéré : des portions de traits d'encre auront disparu complètement, ou coulé en tachant le papier. Avant tout examen chimique, il est donc nécessaire de fixer par la photographie l'aspect primitif d'un document.

Les réactifs appliqués sur les traits d'encre modifient en général leur coloration et c'est en employant des réactifs agissant sur les constituants des encres qu'il sera possible de déterminer et d'identifier une sorte d'encre. Des traits d'une même sorte d'encre, p. ex. gallo-tannique, mais ne provenant pas du même encrier, réagissent différemment. Il est donc relativement aisé d'établir l'identité ou la non-identité de l'encre dont sont constitués les traits examinés. Mais la charge d'un papier n'est pas sans influence sur les réactions effectuées.

Il faudra en tenir compte, surtout si des traits d'encre à analyser se trouvent p. ex. sur deux documents de papier différent. Des traits anciens et de date récente d'une même encre donneront des réactions différentes. En outre, la solubilité des traits d'encre fournira également des indications.

A. Tableau analytique des encres

Les premières recherches systématiques sur l'identification des encres sur le papier ont été effectuées par Robertson et Hofmann (Pharm. Centr. Halle, Neue Folge, 1892, 13. 225). Ces auteurs ont résumé la marche analytique à suivre et les réactions obtenues sous forme de « Analytische Tabelle der Tinten » (tableau analytique des encres ; voir tableau ci-après).

Les réactifs employés sont les suivants :

Solution d'acide oxalique	3 %
Solution d'acide citrique ou tartrique	10 %
Solution d'acide chlorhydrique	10 %
Solution d'acide sulfurique	20 %
Solution d'acide azotique	20 %
Solution contenant 1 p. SnCl_2 , 1 p. HCl , 10 p. H_2O	
Solution saturée d'anhydride sulfureux	
Solut. contenant 1 p. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 1 p. NH_3 , 10 p. H_2O	
Solut. contenant 1 p. K^4FeCy_6 , 1 p. HCl , 10 p. H_2O	
Solution de soude caustique NaOH	4 %
Solution de chlorure de chaux	2 %

RÉACTIFS

ENCRES	ACIDE OXALIQUE 3 %	ACIDE TARTRIQUE ou 10 %	HCl 10 %	H ² SO ⁴ 15 %	HNO ³ 20 %	SnCl ² 1 HCl 1 EAU 10	SO ² (Sol. sat)	AuCl ³ 4 %	Na ² SO ³ 1 AMMO- NIAQUE 1 EAU 10	FeCy ³ K ⁴ 1 HCl 1 EAU 10	NaOH 4 %	CHLORURE DE CHAUX 2 %
Tannate de fer « Noix de galle »	Disparaît	Blanchit	Disparaît en laissant une cou- leur jaune	Disparaît	Disparaît	Disparaît	Blanchit	Blanchit légèrement	Rouge foncé	Blanc	Rouge foncé	Disparaît
Bois de Cam- pêche avec K ² CrO ⁴	Violette	Violette	Rouge pourpre	Rouge	Rouge	Rouge	Gris, violet	Rouge brun	Inaltérée	Rouge	Brune	Disparaît
Campêche avec CuSO ⁴	Jaune orangé	Jaune orangé	Rouge sang	Rouge pourpre	Rouge poupre	Rouge magenta	Rouge	Brune	Bleu foncé	Rouge brique	Devi- ent rouge fon- cé et coule	Disparaît laissant une cou- leur jaune
Nigrosine	Inaltérée	Coule et devi- ent bleu foncé	Peu altérée	Inaltérée	Coule légèrement	Inaltérée	Inaltérée	Inaltérée	Devi- ent violet fon- cé et coule	Inaltérée	Devi- ent violet fon- cé et coule	Brunit
Vanadium	Blanchit et coule légèrement	Blanchit légèrement et coule	Blanchit légèrement et coule	Blanchit légèrement	Blanchit légèrement	Blanchit légèrement	Blanchit légèrement et coule	Inaltérée	Coule	Inaltérée	Devi- ent brun sale et coule	Inaltérée
Résorcinol	Rouge brillant	Disparaît	Rose brillant	Rouge brillant	Rose brillant	Disparaît	Blanchit	Devi- ent brun et coule	Brune	Rose	Inaltérée	Brune

Ces réactifs sont appliqués à l'aide d'un agitateur en verre, d'une plume d'or ou d'un tube capillaire, par petites gouttes, sur les traits d'encre à analyser, et on observe, au moyen d'une loupe, la réaction qui se produit. Aussitôt la réaction perçue, on l'arrête en éliminant le réactif, et on termine par un lavage de l'endroit touché avec 1 ou 2 gouttes d'eau distillée.

B. Méthode de Mitchell

Dans son traité « Documents and Their Scientific Examination », p. 57, Mitchell, en s'appuyant d'une part, sur les données de Robertson et Hofmann, et d'autre part, sur sa très longue expérience d'expert-chimiste, préconise l'application de réactifs dont l'énumération suit ci-après :

Solution d'acide chlorhydrique : 5 %.

Solution d'acide oxalique : 5 %.

Solution de $\text{SnCl}^2 + \text{HCl}$.

Hydrogène naissant ($\text{HCl} + \text{Zn}$).

Solution saturée de brome.

Solution d'hypochlorite de soude : 10 %.

Solution de chlorure de titane.

Solution de K^4FeCy^6 à 5 % contenant 1 % HCl .

Mitchell a observé, avec ces réactifs, les réactions suivantes : l'acide chlorhydrique et l'acide oxalique réagissent principalement avec le tannate de fer qui est dissous. Le colorant provisoire se dégage du trait et se répand dans la goutte de réactif.

Le chlorure stanneux et l'hydrogène naissant réduisent le tannate ferrique et le colorant provisoire. Il y a donc blanchiment complet du trait.

Le brome et l'hypochlorite de soude agissent comme oxydants sur les deux pigments, ce qui se manifeste par un blanchiment plus ou moins prononcé de l'encre.

En présence des deux pigments d'une encre gallo-tannique, le chlorure de titane est un réducteur énergique. Le ferrocyanure de potassium donnera une réaction nette avec des traces minimales de fer.

Pour déceler la présence de chromates dans une encre Mitchell applique la réaction de Van Eck (α -naphthylamine et acide tartrique) sur les traits d'encre préalablement décolorés par l'hypochlorite de soude. La benzidine donne une coloration bleue en présence de chromates.

C. Recherches du Laboratoire de Police de Lyon

Ces recherches portent sur un grand nombre de colorants artificiels entrant dans la fabrication des encres vertes, violettes, rouges, bleues et noires, dites de couleurs à l'aniline. Locard (loc. cit. p. 221-222) indique dans deux tableaux que nous reproduisons ci-après les réactions qui permettent une identification de ces encres.

ENCREES COMMERCIALES	ASPECT DU COLORANT	EAU	ALCOOL	SO ⁺ H ⁺	SO ⁺ H ⁺ + H ⁺ O	HCl	ALC. CAUST.	OBSERVATIONS
Vert malachite Vert diamant Vert acide JEEE	lamelles verdâtres à éclat métallique	soluble	soluble	jaune brunâtre	suivant la dilution devient vert foncé, vert jaune et enfin vert franc	brun rouge	précipité à froid : vert sale, à chaud rouge soluble dans éther en jaune	Le chloroforme en- lève le vert à la so- lution acétique, le carmin précipite en vert.
Vert brillant	cristaux verts à reflets métalliques	soluble en vert bleu	soluble en vert	jaune brun	vert jaunâtre	jaune verdâtre puis rouge brun	à froid vert à chaud rougeâtre soluble dans éther	Le chloroforme en- lève le vert à la so- lution acétique.
Fuchsine Parafuchsine	cristaux à reflets vert cantharide	soluble à froid beaucoup à chaud	soluble en rouge vineux	jaune rougeâtre dégage HCl	rouge	jaune rougeâtre	à froid précipité rougeâtre à chaud décoloré	
Violet de méthyle	poudre verdâtre	très soluble en violet	très soluble en violet	jaune	verte, puis violette	jaune brun. par dilution verte	précipité brun rouge soluble dans glycérine	Le chloroforme en- lève la couleur aux solutions acétiques
Violet cristallisé	cristaux bronzés	soluble en violet	soluble en violet	jaune	vert, puis bleu, puis violet	jaune par dilution comme SO ⁺ H ⁺	précipité violacé, base soluble dans éther (carbinol)	
Vert méthyle » lumière » étincelle » de Paris	poudre cristalline verte	soluble en bleu verdâtre	soluble en bleu verdâtre	jaune brun	vert	jaune rouge + H ⁺ O vert	décoloré	Il est presque com- plètement remplacé dans le commerce par le vert à l'al- dehyde benzoïque.

ENCRESCOMMERCIALES	ASPECTDU COLORANT	EAU	ALCOOL	SO ⁴ H ²	SO ⁴ H ² +H ² O	HCl	ALC. CAUST.	OBSERVATIONS
Eosine	poudre rouge bril. ou cristaux rouge brun	rouge dichroïque	rouge avec dichroïsme accentué	jaune à chaud dégage Br	précipité jaune brun	précipité jaune brun	fonce la couleur	
Erythroïne	poudre rouge vif	rouge cerise sans fluorescence	rouge avec fluorescence	jaune	précipité rouge brun	précipité rouge brun		
Bleu de méthylène	poudre cristalline verte	bleu	bleu	vert	bleu	bleu verdâtre	à chaud violet bleu, puis précipité violet, soluble dans CHCl ₃	La fibre cède sa couleur à l'acide acétique bouillant.
Bleu nouveau	aiguilles bronzées	bleu violet	bleu violet	vert bleu	violet, puis bleu	brun	précipité bleu, soluble en bleu violacé dans CHCl ₃	La fibre cède sa couleur à l'acide acétique bouillant.
Bleu Victoria B nouveau	poudre gris bleu	bleu	bleu	jaune brun	vert, puis bleu	jaune brun + H ² O verte	précipité brun soluble dans CHCl ₃	Le chloroforme enlève la couleur à la solution acétique
Ecarlate de cochenille B	poudre rouge brun	rouge orangé	rouge orangé	rouge carmin	précipité rouge brun	précipité brunâtre	jaune orangé	La fibre cède sa couleur à la solution de CO ² Na ² .
Carmin d'indigo	poudre bleu foncé	bleu	insoluble	bleu vert	bleu	rien	jaune orangé	Décoloré par l'hypochlorite de Na et MnO ² K.
Noir Victoria B	poudre gris foncé	noir violacé		bleu noir	précipité violet noir	précipité noir violet	bleu	

D. Méthode de Bischoff

Cet auteur a mis au point plusieurs techniques s'appliquant à l'analyse microchimique de l'encre dans l'expertise des documents écrits.

On trouve la publication des résultats de ses recherches dans les « Beiträge zur kriminalistischen Symptomatologie und Technik » p. 87.

Bischoff a recours aux réactifs suivants :

Acides faibles :

Acide oxalique	$\text{H}^2\text{C}^2\text{O}^4$	3 %
Acide tartrique	$\text{H}^2\text{C}^4\text{O}^6$	10 %

Acides forts :

Acide chlorhydrique	HCl	10 %, 1 %, 0,1 %, 0,01 %
Acide sulfurique	H^2SO^4	15 %
Acide azotique	HNO^3	20 %

Alcalis :

Soude caustique	NaOH	4 %
Potasse caustique	KOH	4 %
Ammoniaque conc.	NH^4OH	

Oxydants :

Chlorure de chaux	$\text{Ca}(\text{OCl})^2$	20 % brut
-------------------	---------------------------	-----------

Réducteurs :

Chlorure stanneux	SnCl^2	1/10
en solution chlorhydrique	$+\text{HCl}$	1/10
Hyposulfite de soude	$\text{Na}^2\text{S}^2\text{O}^3$	1/10
en solution ammoniacale	$+\text{NH}^4\text{OH}$	1/10

Réactifs du fer :

Ferrocyanure de potassium	K^4FeCy^6	1/5
en solution chlorhydrique	$+\text{HCl}$	1/5
Sulfocyanure de potassium	KCNS	20 %
avec une trace d'acide azo- tique	$+\text{HNO}^3$	trace

Réactifs spéciaux :

Solution saturée d'anhydride sulfureux	SO^2	
Trichlorure d'or	AuCl^3	4 %

Dans le cas, où il faut observer simultanément les réactions sur deux documents, Bischoff utilise un microscope de comparaison combiné avec un appareil à levier, muni de deux petites tiges de verre, se mouvant ensemble et permettant de déposer le réactif simultanément sur les deux traits d'encre à analyser.

En résumé, les observations de Bischoff sur l'action des réactifs cités plus haut, sont les suivantes :

Acides : les acides dissolvent les sels métalliques tout en dégageant le colorant provisoire (cas des encres gallo-tanniques). Le trait lui-même reste ou inaltéré, ou change de coloration, ou disparaît plus ou moins. Au cas où le colorant se dissout, on remarque une diffusion de ce dernier dans la goutte de réactif.

Alcalis : Il se produit, plus ou moins rapidement, une réaction avec le sel métallique ou le colorant de l'encre. Dans le cas des encres gallo-tanniques, il y a formation d'hydrate ferrique Fe(OH)^3 brun.

Oxydants : Dans la plupart des cas, on observe une décoloration par suite de l'oxydation du colorant et, éventuellement, des sels métalliques. C'est un moyen excellent pour différencier les encres, celles-ci n'étant pas sensibles au même degré vis-à-vis des oxydants.

Réducteurs : Par l'action des réducteurs, le colorant se dégage par dissolution ou par hydratation du fer, en changeant parfois de couleur. C'est ainsi que certains colorants bleus deviennent violets et se répandent dans la goutte du réactif. Ils sont donc solubles une fois réduits.

Réactifs du fer : Le ferrocyanure de potassium réagit avec le fer en donnant du bleu de Prusse. Le sulfo-cyanure de potassium forme avec le fer du sulfocyanure ferrique de coloration rouge sang. Pour éviter une confusion avec le colorant de l'encre, on utilise en principe

le ferrocyanure de potassium pour les encres donnant une coloration rouge avec les acides. Au cas où l'encre se colore en bleu, il est préférable d'employer le sulfocyanure de potassium.

Au lieu de procéder à l'analyse à la touche, la technique suivante donnera souvent de meilleurs résultats : on fait réagir une goutte d'acide chlorhydrique ou nitrique avec l'encre du trait. Ensuite, la goutte est recueillie par une bande de papier filtre exempt de fer. Ainsi, le colorant est retenu par les fibres près du bord, tandis que le reste de la goutte se répand avec les traces de fer éventuelles à l'intérieur de la bande de papier filtre. Il y a donc séparation du colorant, et en donnant le réactif du fer directement sur le papier filtre, il sera facile de reconnaître la formation de ferrocyanure ou de sulfocyanure ferriques.

Schneeberger, collaborateur de Bischoff, est l'auteur d'une technique permettant d'analyser l'encre en cas de matériel restreint (p. ex. trait d'encre de 1 - 2 mm. seulement, dans le cas d'une lettre ou d'un chiffre surchargé). A l'aide d'une pointe fine, il détache des bords du trait quelques fibres de papier imbibées d'encre et les traite dans une petite goutte de réactif sur une lame de verre. La réaction est alors observée sous le microscope.

E. Méthode de Mezger, Rall et Heess

Ces auteurs se sont attachés à démontrer que des chlorures et des sulfates solubles sont contenus dans certaines encres, et ont décrit des méthodes chimiques propres à déceler la présence de ces ions dans les traits sur le papier. La présence ou l'absence de chlorures et de sulfates dans les traits peut fournir des indications fort utiles pour la différenciation de deux encres données.

Voici, en résumé, comment ces auteurs procèdent (Beitr. z. kriminalistischen Symptomatologie und Technik, p. 106) : ils ne traitent pas, comme on le fait habituellement, les traits d'encre par analyse à la touche, mais découpent dans le document à examiner un petit morceau de papier qu'ils soumettent ensuite à l'action d'une grande quantité de réactif.

Pour déceler la présence de chlorures, ils préparent une solution à 10 % de nitrite de sodium à laquelle ils ajoutent une solution de 1 % de nitrate d'argent jusqu'à formation d'un précipité de nitrite d'argent (AgNO_2). Ils acidifient avec de l'acide nitrique à 10 % jusqu'à ce que le précipité se soit redissous. Le fragment de papier est trempé dans cette solution et les chlorures des traits

d'encre sont transformés en chlorure d'argent. Le colorant de l'encre est détruit par l'action de l'acide nitreux. Après un lavage par l'acide nitrique à 1 % pour éliminer l'excès de nitrate d'argent, le chlorure d'argent est réduit à l'état d'argent métallique par un mélange d'une partie de formol à 35 % et de dix parties de soude caustique à 2 %. A la place des traits, on remarque un dépôt noir, plus ou moins dense, d'argent métallique ; le morceau de papier est séché et replacé dans le document, où il est maintenu par des bandes de papier gommé transparent.

Voici maintenant, en résumé, les indications que donnent Mezger, Rall et Heess à l'effet de déceler la présence de sulfates dans les traits d'encre. Le fragment de papier portant les traits d'encre à examiner est traité par une solution de nitrate de plomb à 4 % contenant 4 % d'acide perchlorique libre et quelques gouttes d'une solution de permanganate de potassium. Les sulfates de l'encre sont alors transformés en sulfate de plomb et le colorant de l'encre est détruit. Il faut éliminer l'excès de nitrate de plomb avec une solution saturée de sulfate de plomb à cause de la solubilité considérable de ce sel formé sur les fibres du papier.

Le sulfate de plomb est ensuite transformé en sulfure de plomb brun foncé par une solution contenant 2,5 % de sulfure de sodium et 2 % de soude caustique.

Mais il faut toujours tenir compte de la présence de sulfates et de chlorures dans le papier lui-même.

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE IV

Transfert des traits d'encre

Au point de vue criminalistique, il est évident que l'encre qu'il s'agit d'identifier se trouve toujours sur le papier d'un document. De ce fait, la quantité d'encre présentée à l'examen microscopique ou microchimique est toujours extrêmement faible. Comme un document soumis à une expertise représente le plus souvent une pièce à conviction, il faudra donc l'endommager le moins possible.

L'examen de l'encre par des moyens purement optiques a l'avantage, vis-à-vis de l'analyse chimique, de n'altérer en rien un document. Mais, pour arriver à un résultat, une méthode ne va pas sans l'autre.

Voici, d'après Locard (Manuel de Technique Policière, 2^e éd. p. 218) les cas dans lesquels l'analyse de l'encre est nécessaire :

« 1° Pour savoir si un trait, un chiffre, un mot ou une interlinéation sont d'une autre origine que le contexte (faux par surcharge) ;

2° Pour savoir si un texte a été écrit avec une encre identique à celle saisie chez l'inculpé ou à celle employée par l'inculpé pour confectionner les pièces reconnues authentiques ».

Nous avons décrit dans la première partie de ce travail, les méthodes microscopiques et microchimiques qui sont employées actuellement dans les laboratoires de criminalistique pour l'identification des encres.

Au cours de notre stage au Laboratoire de Police Technique de Lyon, nous avons eu souvent l'occasion d'appliquer ces méthodes d'identification dans des cas de faux par adjonction et par surcharge. Nous avons trouvé qu'il était nécessaire d'apporter des modifications à ces méthodes et nos recherches ont été faites dans le but de fournir de nouvelles bases à l'identification des encres.

L'examen microscopique des traits d'encre présente de sérieuses difficultés lorsqu'on utilise de forts grossissements, p. ex. 100 diamètres et plus. Il est malaisé de maintenir le papier parfaitement plan et perpendiculaire à l'axe optique du microscope. L'épaisseur du papier gêne considérablement l'examen par transparence qui est toujours nécessaire pour reconnaître les plus fines nuances de coloration contenues dans un trait d'encre. Le tétrachlorure d'éthane ou l'huile de vaseline employés pour rendre le papier plus transparent, ont l'inconvénient de tacher les documents.

L'analyse microchimique de l'encre pratiquée sur le papier altère un document de façon définitive, parce que l'excès de réactif employé ne peut jamais être complètement éliminé. En outre, les réactions colorées laissent des taches aux endroits touchés.

Dans la majorité des cas, l'identification des encres consiste à comparer des traits d'encre figurant sur différents endroits d'un seul ou sur plusieurs documents. Ces

traits sont examinés soit successivement, soit simultanément sous le microscope. L'examen simultané des traits d'encre ne peut s'effectuer qu'à l'aide d'un microscope de comparaison, dont nous avons donné une description dans la première partie de ce travail.

De même, nos expériences nous ont prouvé que les réactions microchimiques effectuées sur différents traits devaient toujours être observées simultanément, afin qu'aucune phase de la réaction n'échappe à l'examineur.

Pour parer aux inconvénients sérieux que présente l'application des méthodes microscopiques et microchimiques actuelles, et surtout pour pouvoir effectuer dans tous les cas un examen simultané de différents traits d'encre, nous avons pensé qu'il fallait libérer l'encre de son support. L'encre, une fois détachée du papier, peut être traitée et examinée comme une préparation microscopique.

Nous avons donc recherché les moyens nous permettant de prélever les quantités d'encres suffisantes pour un examen microscopique et une analyse microchimique. S'il n'est jamais permis de détruire un document entier par un examen physique ou chimique, l'expert a toujours l'autorisation de procéder à l'identification de l'encre par des méthodes qui ne consomment que quelques petites portions de traits.

Avant nous, Bischoff et Schneeberger (*Beiträge zur kriminalistischen Symptomatologie und Technik*, p. 93) ont signalé une technique consistant à prélever, au moyen d'une pointe fine, des quantités d'encre extrêmement faibles, destinées à l'analyse microchimique observée sous le microscope.

A. Transfert de l'encre par excision du trait

Pour prélever la quantité d'encre nécessaire à un examen microscopique et microchimique, nous nous sommes inspirés, au début, de la technique de Bischoff et Schneeberger. Pour obtenir une portion de trait intacte, nous avons incisé le papier à l'aide d'un petit scalpel, afin de détacher la couche superficielle des fibres du papier auxquelles adhère l'encre. Prélevée de cette façon, l'encre est fixée comme une préparation microscopique sur une lame de verre.

L'examen microscopique par transparence devient maintenant très aisé, même en utilisant de forts grossissements. Il est possible de faire pénétrer par capillarité sous la lamelle de verre recouvrant la préparation d'encre, une goutte du réactif employé pour l'analyse microchimique et d'observer la réaction qui se produit avec l'encre sous le microscope.

Sans recourir à l'emploi d'un microscope de comparaison, on peut observer simultanément des encres à identifier dans le champ d'un microscope ordinaire. Il suffit pour cela de juxtaposer les portions de traits d'en-

cre excisés sur une lame de verre qu'on présente sous l'objectif du microscope.

Les résultats obtenus par cette technique étaient satisfaisants. Mais le transfert de traits d'encre par excision de la couche superficielle des fibres supportant l'encre, n'allait pas sans abimer considérablement un document. C'est pour cette raison que nous avons recherché un autre moyen de transfert de l'encre, réduisant la couche de fibres à un minimum.

B. Transfert de l'encre au moyen du collodion

Nous avons essayé de faire adhérer une portion de trait d'encre à une couche mince de collodion, en procédant de la façon suivante : une petite goutte de collodion est déposée sur le trait d'encre à transférer. On étale la goutte de collodion par application d'une lame de verre maintenue sous une forte pression. Le collodion forme, en séchant, une fine pellicule adhérent à la fois au papier et à la lame de verre. Ensuite, on soulève brusquement la lame de verre. L'encre et une mince couche de fibres sous-jacentes sont arrachées et restent fixées, par l'intermédiaire de la couche mince de collodion, à la lame de verre. La préparation microscopique est ainsi terminée.

Le transfert des traits d'encre à l'aide de collodion a été abandonné par nous, parce qu'il n'était pas applicable à toutes les encres et aux différentes sortes de papier. Souvent le collodion adhère trop fortement au papier et ne peut plus être détaché, ou alors l'éther et l'alcool contenus dans le collodion dissolvent le colorant de l'encre qui se répand hors du trait.

C. Transfert de l'encre au moyen de gélatine

a) *Emploi de pellicules photographiques* : un autre moyen permettant de transférer l'encre s'est offert à nous sous forme de pellicules photographiques débarrassées de leur émulsion. La fine couche de gélatine de la pellicule, légèrement humectée, est appliquée sur le trait d'encre à prélever. Une légère pression suffit à faire adhérer la gélatine au papier. En arrachant brusquement la pellicule, la portion du trait d'encre est transférée avec une couche très mince de fibres. Mais la pellicule gélatinée ne se prête guère comme support de préparation microscopique par suite de sa flexibilité.

b) *Emploi de lames de verre gélatiné* : nous avons éliminé la pellicule gélatinée, mais nous avons poursuivi nos recherches de transfert en continuant à utiliser la gélatine comme adhérent. Le support cellulosique de la pellicule photographique a été simplement remplacé par une lame de verre. Au début, nous avons eu recours à des plaques photographiques dont l'émulsion avait été éliminée. Nous avons aussi essayé de recouvrir des lames

porte-objet d'une couche de gélatine. Mais il n'était pas facile d'obtenir une couche suffisamment régulière.

Nous avons eu alors recours à la Société Lumière qui a pu nous fournir des lames de verre mince de format 75 mm × 25 mm, recouvertes d'une couche de gélatine bien égalisée et exempte de défauts. L'épaisseur de la couche de gélatine atteint 0,07 mm.

Une fois fixés sur le moyen de transfert, nous avons fait des essais d'adhérence sur différentes sortes de papier et nous avons trouvé que le transfert de l'encre est toujours possible en observant les modes opératoires suivants :

1° Le trait d'encre à transférer est humecté très légèrement au moyen d'une goutte d'eau distillée. La lame gélatinée, appliquée brusquement sur le papier, étale la goutte d'eau, produisant ainsi une forte adhérence de la couche de gélatine sur le papier.

2° Au lieu d'humecter le trait d'encre, il faut, avec certains papiers, ramollir la couche de gélatine par une goutte d'eau distillée pour obtenir un transfert satisfaisant de l'encre.

La grandeur et la durée de la pression ne sont pas sans influence sur le transfert et doivent être déterminées pour chaque sorte de papier par des essais à blanc, c'est-à-dire des essais de transfert effectués sur le papier en des endroits ne portant pas de traits d'encre.

Comme le transfert au moyen de la lame gélatinée n'enlève que la couche superficielle des fibres de papier auxquelles adhère l'encre, il reste sur le document des traces d'encre (constituées par le colorant de l'encre

ayant pénétré la couche profonde du papier) permettant de reconstituer l'aspect primitif du trait.

A titre d'exemple, nous présentons une partie d'un document avant le transfert de traits d'encre (voir fig. 1 planches hors-texte).

La fig. 2 montre le même document après le transfert de l'encre. Les traits d'encre entourés d'un petit cercle sont ceux qui ont subi un transfert partiel. On remarque nettement le contour primitif des portions de traits d'encre transférés.

Le transfert des traits d'encre du document de la fig. 1 a été effectué au moyen de deux lames gélatinées que nous montrons dans la fig. 3. Les portions de traits d'encre transférées sont numérotées de 1 à 8 pour permettre de retrouver leur emplacement dans le document.

CHAPITRE V

**Microscopie
de l'encre transférée**

Nos recherches ont été guidées avant tout par le souci d'effectuer une identification d'encre en employant des méthodes très simples.

Parmi les méthodes optiques employées actuellement, il en est une qui, à notre avis, est la plus efficace. C'est l'examen microscopique des traits d'encre en lumière transmise, à l'aide d'un grossissement supérieur à 100 diamètres. Du moment que l'encre transférée au moyen de lames de verre recouvertes d'une mince couche de gélatine se trouve sous forme d'une préparation microscopique, l'emploi d'un microscope spécial destiné à l'examen des documents écrits est superflu. N'importe quel microscope fournissant des grossissements supérieurs à 100 diamètres et permettant de travailler en lumière transmise se prête à ce genre d'examen

A. Description du microscope utilisé au cours de nos recherches

Pour effectuer nos recherches, nous avons employé un microscope biologique binoculaire d'un modèle courant, muni d'un condensateur d'Abbe. Les lames de verre gélatiné, sur lesquelles se trouvent les traits d'encre transférés à examiner, sont disposées comme de simples lames porte-objet sous l'objectif du microscope.

On est obligé d'observer à travers l'épaisseur de la lame de verre. Mais l'épaisseur de cette dernière qui est de l'ordre de 0,9 à 1,0 mm ne gêne en rien la netteté des images obtenues avec des grossissements allant de 100 à 200 diamètres.

Nous avons recherché un éclairage par lumière transmise, indépendant de la lumière du jour et pouvant être maintenu rigoureusement constant pendant l'examen microscopique des traits d'encre transférés et l'observation de la coloration de ces derniers.

Nos tentatives, pour obtenir ce mode d'éclairage à l'aide du condensateur d'Abbe et d'une source de lumière artificielle, sont restées infructueuses. Par contre, nous sommes arrivés à créer cet éclairage en munissant

notre microscope de l'Ultropak de Leitz. La fig. 4 représente l'instrument que nous avons utilisé.

L'Ultropak proprement dit, se compose d'une série d'objectifs microscopiques donnant des grossissements propres allant de 3,8 x à 100 x. Chaque objectif est entouré d'un condensateur annulaire qui, monté sur un pas de vis, peut être réglé en hauteur. Ce condensateur concentre sur l'objet à examiner la lumière émise par une petite lampe à incandescence de 8 volts et de 0,6 ampère logée dans un tube latéral. Les rayons venant de la lampe sont rendus parallèles et dirigés par un miroir incliné à 45° dans le condensateur annulaire. L'éclairage que fournit l'Ultropak est donc un éclairage omnilatéral par lumière incidente.

Nous avons utilisé les objectifs et oculaires suivants :

objectifs UO	oculaires périplans	grossissements
11 x à sec	15 x	165 diam.
50 x à sec	15 x	750 diam.
75 x à immersion	15 x	1125 diam.

Les microphotographies jointes comme illustrations à ce travail, ont été obtenues en montant le microscope muni de l'Ultropak sur le banc microphotographique de Leitz. Avec un tirage de 110 cm., le grossissement obtenu sur la plaque photographique est de 70 diamètres pour l'objectif UO 11 x et de 450 diamètres pour l'objectif à immersion de 75 x.

L'éclairage de l'Ultropak étant destiné à l'examen microscopique d'objets opaques, nous avons cherché à

le modifier pour nos besoins. A cet effet, nous avons disposé sur la lentille supérieure du condensateur d'Abbe une petite surface blanche de 12 mm. sur 12 mm. formée d'une couche d'amidon. La disposition de cette surface est visible sur la fig. 5. La lumière incidente de l'Ultropak, après avoir traversé la préparation de l'encre, atteint la surface blanche disposée immédiatement sous la lame de verre gélatiné. La lumière diffusée par la couche d'amidon donne un éclairage par transparence très favorable à l'examen de la structure du trait d'encre.

Il est facile de maintenir cette combinaison d'éclairage rigoureusement constante, ce qui nous a permis d'examiner toutes les encres dans des conditions d'éclairage identiques et indépendantes de la lumière du jour. En variant la résistance du circuit qui alimente la lampe de l'Ultropak et en rapprochant ou éloignant la surface blanche du condensateur d'Abbe, il est possible de modifier grandement cette combinaison d'éclairage.

Par l'interposition de filtres bleus, jaunes, verts, rouges, etc. nous avons un moyen excellent pour augmenter ou diminuer le contraste de l'image de la préparation microscopique de l'encre transférée.

B. Aspect microscopique des traits d'encre transférés

La différence d'aspect microscopique existant entre un trait d'encre transféré et un trait d'encre sur papier rendu transparent, par exemple par imbibition à l'aide de tétrachlorure d'éthane, est remarquable. Nous présentons dans la fig. 6 la microphotographie d'un trait d'encre se trouvant sur le papier rendu transparent, et dans la fig. 7, celle d'un trait d'encre transféré. On remarque en effet une netteté de la structure du trait transféré incomparablement supérieure à celle du trait d'encre examiné directement sur le papier.

Par le transfert de l'encre au moyen de lames de verre gélatiné, nous arrivons à constituer une préparation microscopique de l'encre, difficilement réalisable par les méthodes de prélèvements employées actuellement en microscopie. Le trait d'encre transféré, examiné à un fort grossissement, apparaît comme étant parfaitement plan, bien qu'en réalité, il présente à sa surface de multiples aspérités comme le montre la fig. 8 (microphotographie prise en lumière frisante).

Nous avons pratiqué le transfert et l'examen microscopique d'un grand nombre d'encres que nous avons pu nous procurer dans le commerce: encres à base de matières colorantes artificielles, encres à base d'extrait de campêche, encres gallo-tanniques, etc.

La fig. 9 montre l'aspect microscopique typique d'un trait d'encre ferro-gallique.

Les fig. 10 et 11 représentent des traits d'encre à base d'extrait de campêche provenant de deux documents différents.

L'aspect d'un trait d'encre à base d'une matière colorante artificielle bleue est visible dans la fig. 12.

Il est possible d'examiner simultanément dans le champ du microscope des traits d'encre différents, pourvu qu'au cours du transfert les traits aient été suffisamment rapprochés les uns des autres sur la lame de verre gélatiné.

Comme nous l'avons déjà exposé, l'identification des encres dans l'expertise des documents écrits consiste à comparer, p. ex. dans le cas d'un faux présumé par adjonction, l'encre des traits de l'adjonction probable avec celle dont sont constitués les traits du contexte. Mais il est nécessaire que cette comparaison soit simultanée pour pouvoir déterminer si l'on est oui ou non en présence de deux encres différentes. Le transfert de traits d'encre rend possible l'examen microscopique simultané. La fig. 13 nous montre deux traits d'encre juxtaposés par transfert sur une lame de verre gélatiné, pour l'examen comparatif simultané.

Au cours de nos recherches expérimentales, nous avons examiné des traits transférés provenant de diffé-

rentes encres à base d'extrait de campêche. Un examen à l'œil nu ou à la loupe ne permettait pas de distinguer ces traits noirs les uns des autres. Sous le microscope, en utilisant un grossissement de 165 diamètres et en procédant à un examen comparatif simultané, il nous a été possible de différencier ces encres en nous basant

1° Sur les plus légères différences existant dans la coloration des fibres teintés par l'encre ;

2° sur l'aspect des dépôts à l'intérieur des traits.

L'examen microscopique pratiqué à un fort grossissement constitue donc un moyen excellent pour différencier des encres d'une même espèce, mais ne provenant pas du même encrier.

Dans les encriers mal bouchés ou restant constamment ouverts, il se forme, par oxydation d'une part, et par évaporation d'autre part un précipité (boues des encriers). Nous avons examiné au microscope ce précipité à l'aide d'un fort grossissement (1125 diamètres). Il se présente sous forme de granulés irréguliers, de coloration bleu ou violet foncé. La fig. 14 représente l'aspect de ce précipité à un grossissement de 450 diamètres.

Ce précipité peut être retrouvé sur un document portant des traits écrits à l'aide d'une encre décomposée. On remarque, dans ce cas, à l'intérieur des traits, un dépôt épais et irrégulier qui, examiné à l'aide d'un fort grossissement, s'identifie par sa structure granuleuse et par sa coloration, avec le précipité au fonds de l'encrier.

Les fig. 15 à 19 montrent que les forts grossissements permettent de découvrir des poussières mélangées à

l'encre et qui, par leur présence dans des traits sur un document, facilitent dans une certaine mesure l'identification d'une encre.

Les traits d'encre soumis à un examen microscopique comparatif doivent être sensiblement de même épaisseur. On sait que des traits d'encre plus ou moins appuyés peuvent présenter des aspects microscopiques opposés. Il importe également de choisir pour le transfert, des traits provenant de différentes parties d'un document (voir fig. 20).

C. Cas des traits d'encre solubles

Avant de transférer un trait d'encre, il faut toujours constater d'abord, si l'encre est soluble dans l'eau distillée. Si c'est le cas, il est inutile de procéder au transfert du trait, car le colorant de l'encre se répand autour du trait et forme une tache.

Pour arriver tout de même à une comparaison simultanée sous le microscope, en transférant le colorant, nous avons mis au point la technique suivante : le colorant du trait d'encre est dissous dans une petite goutte d'eau distillée que l'on aspire à l'intérieur d'une fine capillaire. Celle-ci est ensuite montée entre deux lames de verre au moyen de baume de Canada. Le contenu de la capillaire peut alors être soumis à un examen microscopique. Pour un examen comparatif simultané, on place l'une à côté de l'autre les capillaires contenant les colorants à identifier.

Ainsi, il est facile de découvrir la plus légère différence de teinte existant entre deux encres. La fig. 21 montre deux capillaires juxtaposées contenant les colorants de traits d'encre différents.

CHAPITRE VI

Réactions chimiques de l'encre transférée

L'analyse à la touche des traits d'encre présente les inconvénients que l'on sait déjà :

1° un document risque d'être abimé par les réactifs employés ;

2° la charge du papier peut, dans certains cas, influencer les réactions de l'encre ;

3° l'observation simultanée des réactions effectuées ne peut se faire utilement qu'à l'aide d'un microscope de comparaison.

Nous avons cherché à simplifier l'analyse microchimique des traits d'encre. L'emploi d'un microscope nous a paru nécessaire, parce que l'observation à un fort grossissement permet de suivre mieux que l'œil nu ou armé d'une loupe, toutes les phases des réactions colorées telles qu'elles se produisent avec l'encre.

Comme nous avons réussi à détacher une encre de son support, à l'aide de lames de verre gélatiné, nous avons été tenté d'essayer l'analyse microchimique des encres transférées. Il y a une difficulté à surmonter, c'est l'application de gouttes de réactif sur les traits d'encre transférés, sous le microscope.

En utilisant le microscope muni de l'Ultropak, nous pouvons travailler dans les mêmes conditions d'éclairage que dans le cas d'un examen purement microscopique préliminaire.

Les traits d'encre transférés sont examinés au microscope à travers l'épaisseur de la lame de verre. Ils se trouvent ainsi du côté de la couche blanche fixée au condensateur d'Abbe. Dans ces conditions, il s'agit de poser une goutte de réactif sous la lame gélatinée. Nous y sommes parvenus en munissant la partie supérieure du condensateur d'une lamelle de verre couvre-objet enduite de suif. La goutte de réactif posée sur la couche de suif ne s'étale pas et conserve sa forme de petit ménisque. La fig. 22 représente un détail du microscope que nous avons utilisé. Pour mieux apercevoir la goutte de réactif posée sur la lamelle du condensateur d'Abbe, nous avons enlevé la platine du microscope.

Mode opératoire.

Nous avons exposé, à maintes reprises, que l'identification des encres en criminalistique consistait, dans la plupart des cas, en une comparaison d'encres sous forme de traits de plume. Dans le cas p. ex. d'une interlinéation ou d'une surcharge, l'examen simultané, tant microscopique que microchimique, permettra d'établir s'il y a identité ou non entre l'encre du contexte et de l'interlinéation (adjonction, surcharge).

A l'aide du transfert, nous pouvons juxtaposer des traits d'encre qu'il s'agit de différencier de sorte qu'ils

tiennent ensemble dans le champ du microscope, permettant ainsi un examen simultané.

L'analyse microchimique simultanée des traits d'encre est pratiquée de la façon suivante :

On place le réactif sur la lamelle recouverte d'une couche de suif se trouvant sur le condensateur abaissé, et l'on dispose la lame de verre gélatiné sur laquelle sont juxtaposés les traits d'encre à examiner, au centre du champ du microscope.

En approchant le condensateur de la préparation, on met la goutte de réactif en contact avec les traits d'encre. Les conditions d'éclairage restent les mêmes que pour l'examen purement microscopique, c'est-à-dire que l'Ultropak fournit un éclairage incident omnilatéral qui traverse les traits d'encre, puis subit une réflexion diffuse par la surface blanche disposée sur le condensateur d'Abbe. La fig. 23 donne tous les détails de notre mode opératoire.

Avec un grossissement de 165 diamètres (objectif 11 x et oculaires périplans 15 x), nous avons poursuivi l'attaque des réactifs.

L'examen microscopique préliminaire des traits d'encre transférés nous permet, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, d'identifier les différentes sortes d'encre, telles que les encres à base de matières colorantes artificielles, les encres gallo-tanniques et les encres à base d'extrait de campêche.

Nous n'utilisons les réactions microchimiques des traits d'encre transférés qu'à titre de contrôle. Mais, comme Mezger, Rall et Heess, nous avons reconnu l'inutilité d'un grand nombre de réactifs. C'est ainsi que

l'application d'une solution diluée d'acide chlorhydrique ou sulfurique suffit, presque dans tous les cas, pour différencier en toute certitude les différentes sortes d'encres.

Pour la recherche du fer dans les traits d'encre transférés (dans le cas d'une encre gallo-tannique), nous avons procédé de la façon suivante : les traits d'encre sont décolorés par une solution d'hypochlorite de soude. Le fer est transformé en hydrate ferrique, tandis que la gélatine de la lame de transfert est détruite. On prélève la fine couche de fibres auxquelles adhère l'hydrate ferrique, et après un lavage à l'eau distillée, on fixe cette couche de fibres sur une lame porte-objet ordinaire et on recouvre d'une lamelle. Par capillarité, on fait pénétrer sous la lamelle une solution de ferrocyanure de potassium acidifiée par HCl, et on observe sous le microscope la formation de bleu de Prusse sur les fibres (voir fig. 24).

CONCLUSIONS

Dans les laboratoires de criminalistique, on dispose de méthodes chimiques et optiques permettant d'identifier les différentes sortes d'encre sur le papier.

Nous nous sommes proposés de rechercher des perfectionnements des techniques employées.

Nous croyons avoir démontré l'avantage qu'il y a de détacher l'encre de son support tant en vue de l'examen microscopique que microchimique.

Le transfert des traits d'encre au moyen de lames de verre gélatiné que nous indiquons, permet un examen microscopique à l'aide de forts grossissements.

Nous avons signalé un mode d'éclairage, combiné au moyen de lumière incidente et transmise, obtenu avec l'Ultropak de Leitz, et spécialement destiné à l'examen microscopique et microphotographique des traits d'encre transférés.

PLANCHES HORS-TEXTE

Dear Sir:
 I have read in a local newspaper about your new method of reproducing fingerprints and I would like to know if you could sell me a small sample of your gelatine-like film. Thanking you
 Very advance.
 Yours truly
 Edward J. Hayes

FIG. 1.

Dear Sir:
 I have read in a local newspaper about your new method of reproducing fingerprints and I would like to know if you could sell me a small sample of your gelatine-like film. Thanking you
 Very advance.

Yours Truly
 Edward J. Hayes

FIG. 2.

PLANCHE III

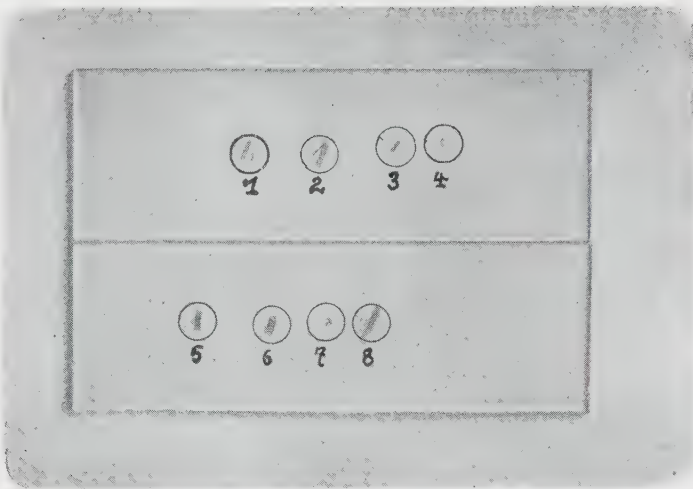


FIG. 3.

PLANCHE IV

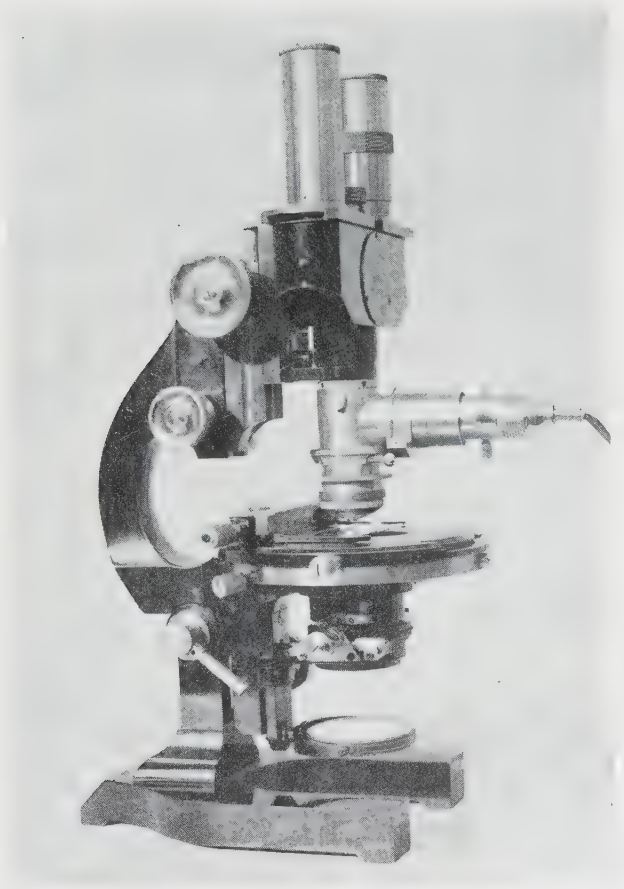


FIG. 4.

PLANCHE V

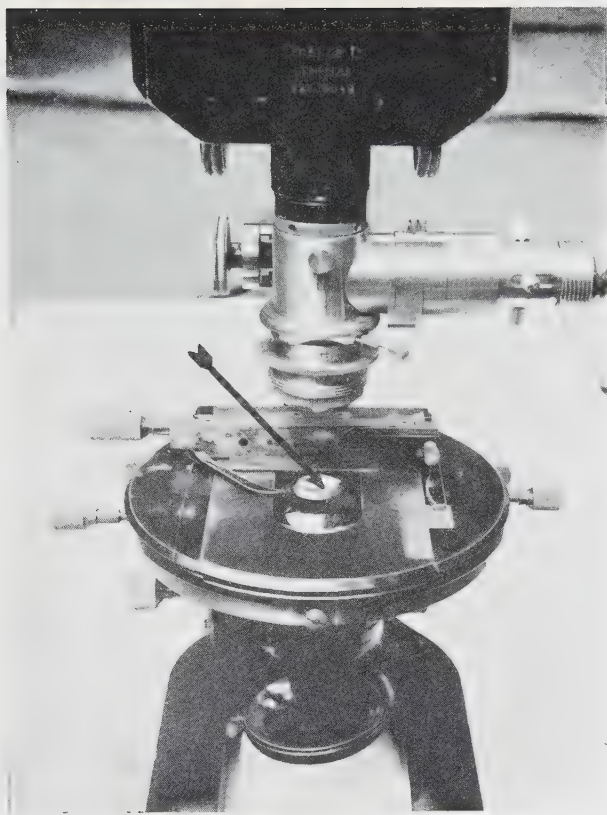


FIG. 5.

PLANCHE VI

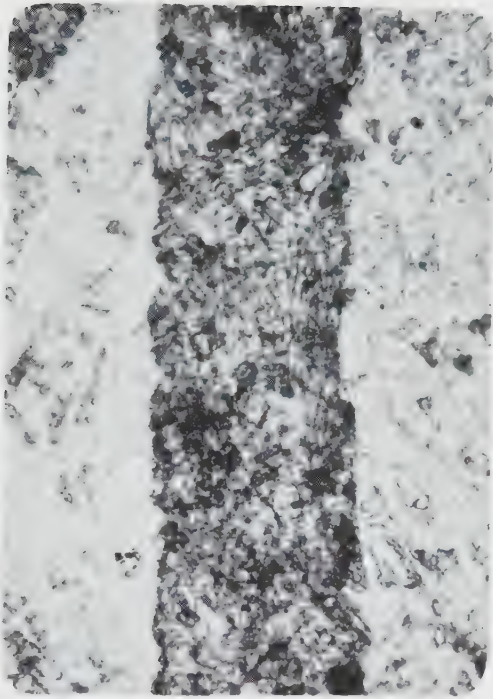


FIG. 6.

PLANCHE VII



FIG. 7.

PLANCHE VIII

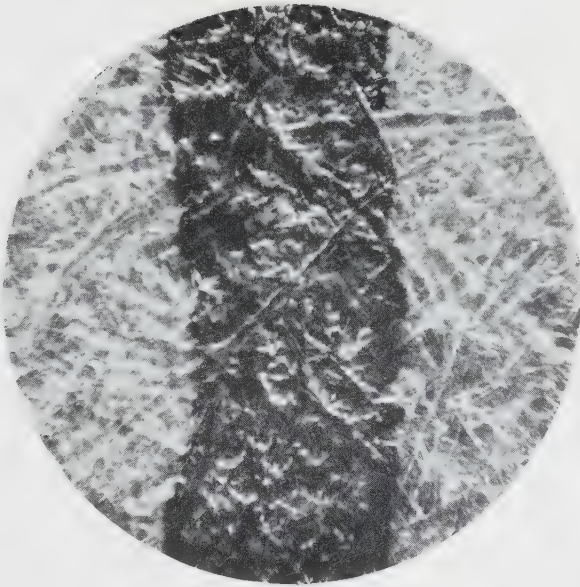


FIG. 8.

PLANCHE IX



FIG. 9.

PLANCHE X



FIG. 10.

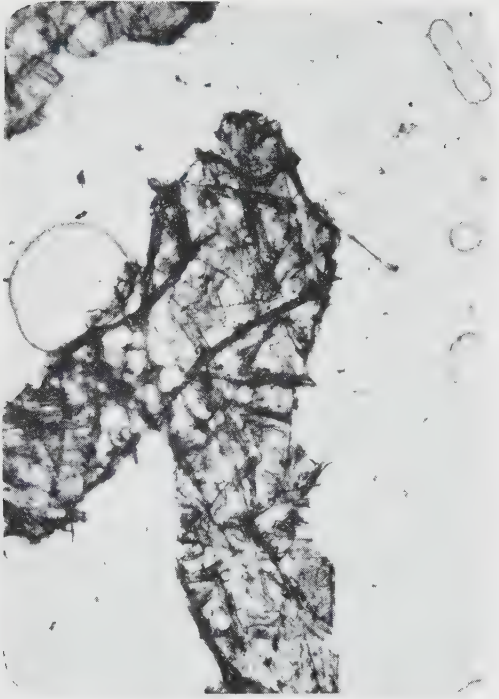


FIG. 11.

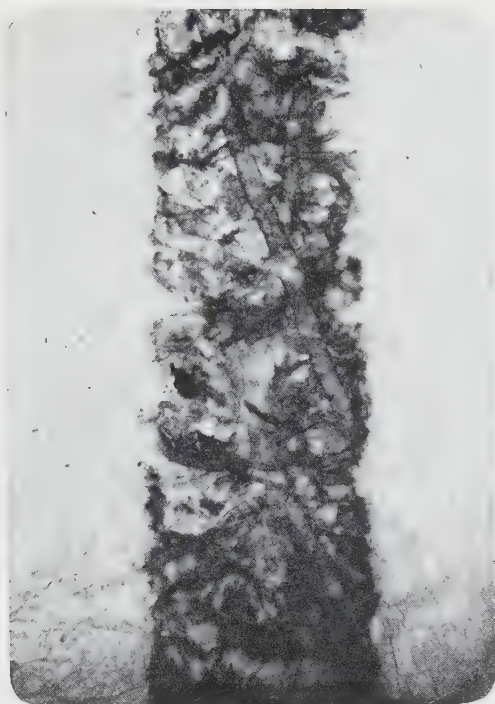


FIG. 12.

PLANCHE XIII

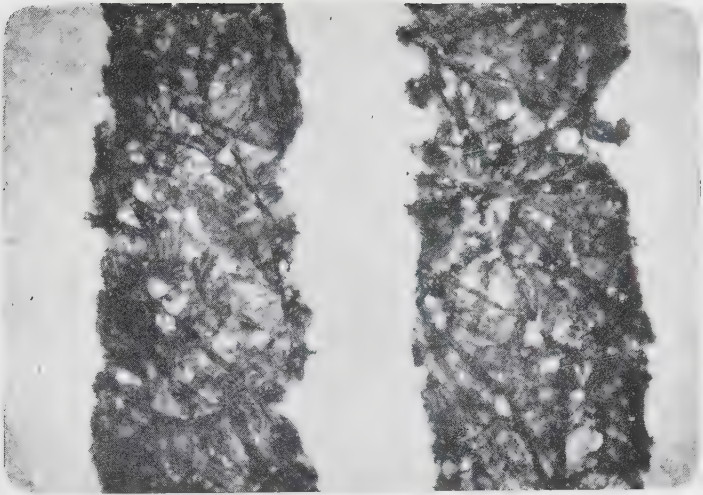


FIG. 13.

PLANCHE XIV

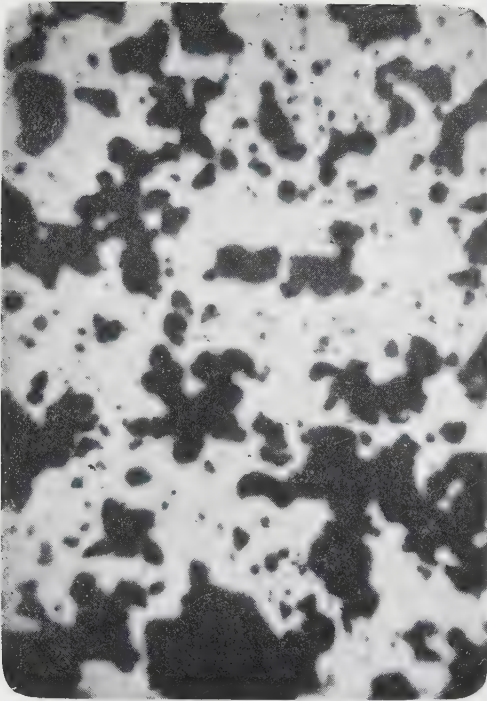


FIG. 14.

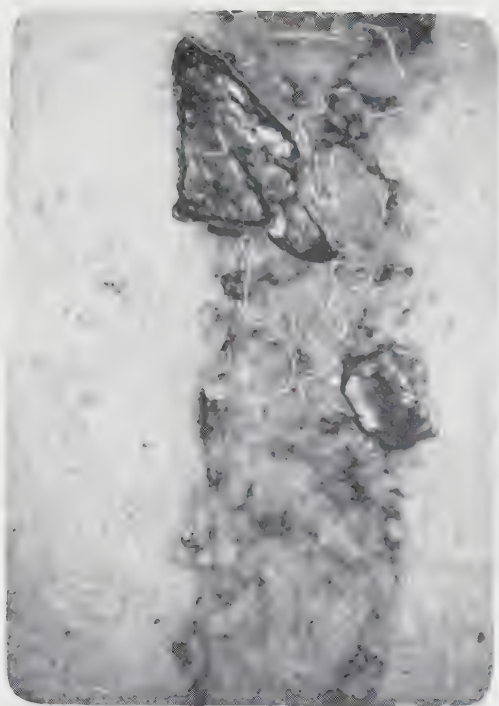


FIG. 15.



FIG. 16.

PLANCHE XVII



FIG. 17.

PLANCHE XVIII

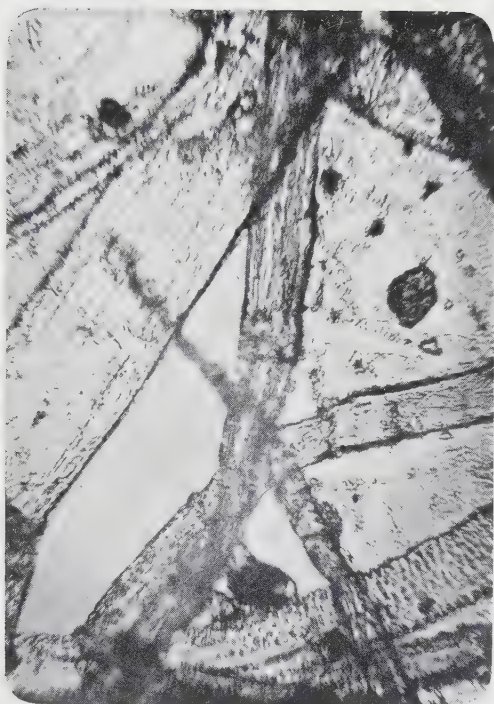


FIG. 18.



FIG. 19.

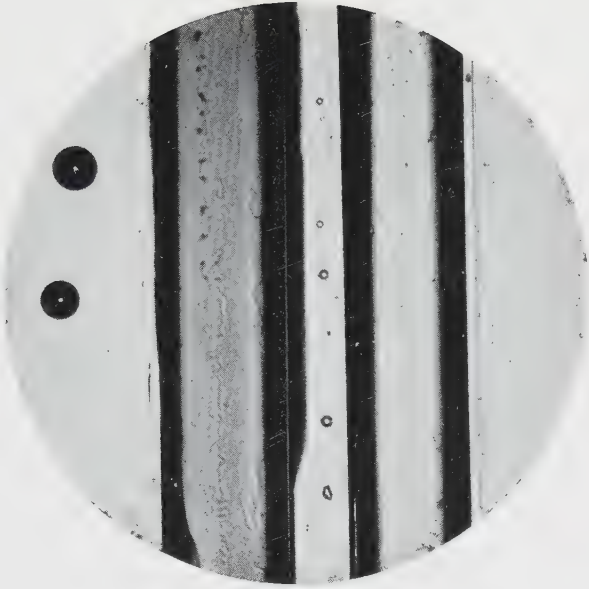


FIG. 21.

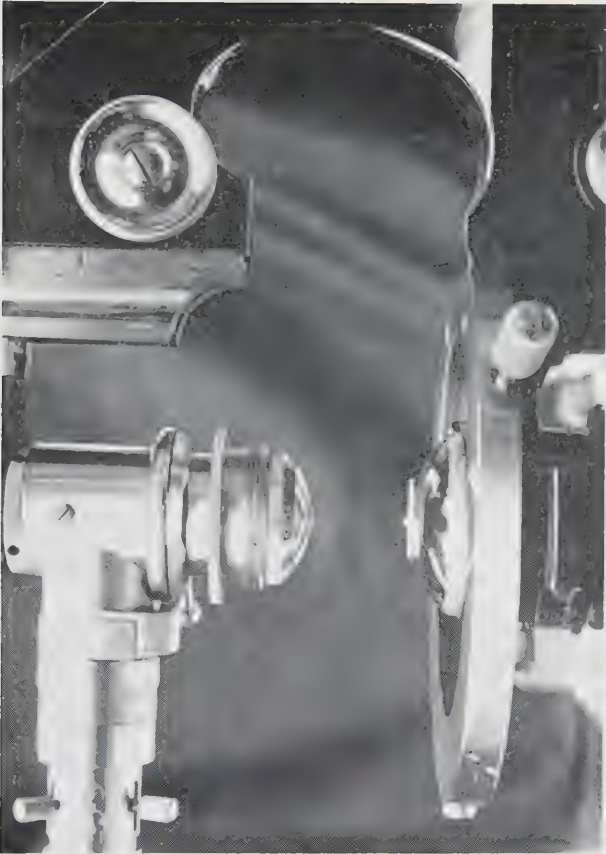


Fig. 22

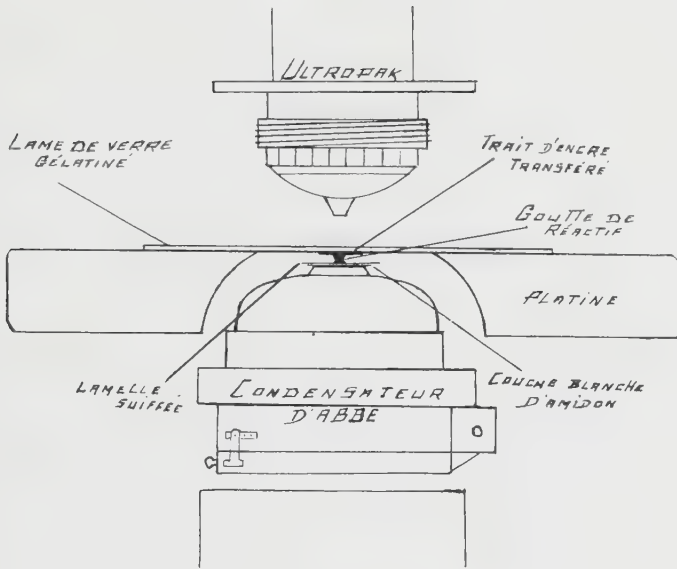


FIG. 23.

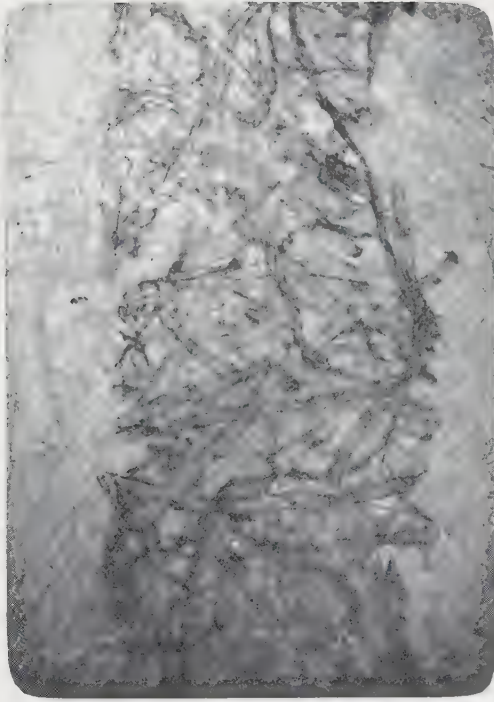


FIG. 24.

BIBLIOGRAPHIE

BÉROUD. — L'Expertise des Faux en Ecriture par Altération. Thèse Lyon, 1923.

BISCHOFF. — Die chemische Untersuchung der Tinten. In Türkel, Beiträge zur kriminalistischen Symptomatologie und Technik. Ullr. Moser's Verlag, Graz, 1931.

BREWSTER. — Contested Documents and Forgeries. The Book Company Ltd. Calcutta, 1932.

Compte-rendu de la première session de l'Académie Internationale de Criminalistique : communications de Bischoff et de Popp sur l'examen des encres dans l'expertise des documents. In *Revue Internationale de Criminalistique*, 1929, 7, 484.

DANCKWORTT. — Lumineszenz-Analyse im filtrierten ultravioletten Licht. 2. Auflage. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1929.

- DENNSTEDT und VOIGTLANDER. — Der Nachweis von Schriftfälschungen, Blut, Sperma usw. unter besonderer Berücksichtigung der Photographie. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1906.
- EMICH. — Lehrbuch der Mikrochemie. 2. Auflage. Bergmann, München, 1926.
- Mikrochemisches Praktikum. 2. Auflage. Bergmann, München, 1931.
- FRAZER. — Des Faux en Ecriture et de l'Ecriture. Guillaumin et Cie, Paris, 1899.
- GOULLON. — Traité méthodique de la fabrication des encres. Garnier, frères, Paris, 1906.
- GUIGNET. — Encres à écrire. In *Encyclopédie chimique* publiée sous la direction de M. Frémy, tome X. Dunod, Paris, 1888.
- HNRICHSEN. — Die Untersuchung von Eisengallustinten. Enke, Stuttgart, 1909.
- ITASSE. — Le Faux devant l'histoire, devant la science et devant la loi. Delagrave, Paris, 1898.
- KLEMM. — Handbuch der Papierkunde. 3. Auflage. Th. Grieben's Verlag L. Fernau, Leipzig, 1923.
- KRAFT. — Mikrophotographie mit infraroten Strahlen. Sonderdruck aus : Bericht über den VIII. Internationalen Kongress für Photographie, Dresden, 1931. Barth, Leipzig, 1931.

KYNAST. — Zur Methode der chemischen Untersuchung von Tintenschrift. In *Arch. f. gerichtl. Schriftuntersuchungen*, Bd. I, 3, 1908.

LANGERON. — Précis de Microscopie, 5^e édition. Masson et Cie, Paris, 1934.

LOCARD. — L'Enquête Criminelle et les Méthodes Scientifiques. Flammarion, Paris, 1925.

— Le graphoscope. In *Revue Internationale de Criminalistique*, 1929, 1, 113.

— Manuel de Technique Policière, 2^e édition. Payot, Paris, 1934.

— Traité de Criminalistique. Tomes V et VI : L'Expertise des Documents écrits. Desvigne, Lyon, 1934 (sous presse).

— Le Synchriscope de Stirling. In *Revue Internationale de Criminalistique*, 1934, 5, 340.

MELCHER. — Compulsory Chemical Testing of Adversary's Documents. Melcher, Philadelphia, 1928.

MEZGER, RALL und HEES. — Urkundenfälschung ? In *Archiv für Kriminologie*, Bd. 89, 5. u. 6. Heft, 1931, 197.

— Neuere Tintenuntersuchungen. In *Zeitschr. f. angew. Chemie*, 44. Jahrg. 31. 1931, 645.

— Die chemische Identifizierung und Altersbestimmung von Tintenschrift. In Türkcl, Beiträge zur.

kriminalistischen Symptomatologie und Technik.
Ulrich Moser's Verlag, Graz, 1931.

- Ein neues Verfahren, Identität und Alter von
Tintenschrift festzustellen. In *Archiv für Krimi-
nologie*, Bd. 92, 3. u. 4. Heft, 1933, 107.

MITCHELL and HEPWORTH. — Inks. Their Composition
and Manufacture. Griffin & C^o, London, 1904.

MITCHELL. — Documents and their Scientific Examina-
tion. Griffin & C^o, London, 1922.

MITCHELL and WARD. — Sediments in Ink and Writing.
In *The Analyst*, déc. 1932, 760.

OSBORN. — The Problem of Proof. Bender & C^o, New-
York, 1922.

- Questioned Documents, 2^e édition. Boyd Printing
Company, Albany N.-Y. U.S.A., 1929.

PINES. — The Story of Ink. In *American Journal of Po-
lice Science*, vol. II, Nr. 4, 1931.

QUIRKE. — Forged, Anonymous and Suspect Docu-
ments. Routledge & Sons, London, 1930.

Revue des Produits Chimiques du 15 déc. 1925, Paris.
Composition des encres à écrire.

ROBERTSON und HOFMANN. — Analytische Tabelle der
Tinten. In *Pharm. Central-Halle, Neue Folge*,
1892, 13, 225.

RAMMSTEDT. — Tinte und Tusche. In *Chemische Technologie der Neuzeit*. 2. Aufl. V. Bd. Enke, Stuttgart, 1932.

SCHLUTTIG und NEUMANN. — Die Eisengallustinten ; Grundlagen zu ihrer Beurteilung. Zahn & Jaensch, Dresden, 1890.

TÜRKEK. — Atlas der Bleistiftschrift. *Ulrich Moser's Verlag*, Graz, 1927.

— Technische Bemerkungen zur Farbuntersuchung von Tintenflecken. In *Archiv für Kriminologie*, Bd. 85, 4. Heft, 1929, 246.

— Ein von Prof. Dr. Siegfried Türkel (Wien) konstruiertes Schriftenmikroskop. In *Revue Internationale de Criminalistique*, 1933, 4, 233.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS	9

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I. — <i>Chimie des encres à écrire</i>	15
A. Encres gallo-tanniques	17
B. Encres à base d'extrait de campêche ..	33
C. Encres à base de matières colorantes	37
CHAPITRE II. — <i>Examen optique des traits d'encre</i>	41
A. Microscopes	44
B. Technique microscopique	48
C. Examen colorimétrique	51
D. Aspect microscopique des traits d'encre	53

	Pages
CHAPITRE III. — <i>Examen microchimique des traits d'encre</i>	55
A. Tableau analytique des encres	59
B. Méthode de Mitchell	62
C. Recherches du Laboratoire de Police de Lyon	64
D. Méthode de Bischoff	67
E. Méthode de Mezger, Rall et Heess ..	71

SECONDE PARTIE

CHAPITRE IV. — <i>Transfert des traits d'encre</i>	75
A. Transfert d'encre par incision du trait	80
B. Transfert au moyen de collodion	82
C. Transfert au moyen de gélatine	83
CHAPITRE V. — <i>Microscopie de l'encre transférée</i>	87
A. Description du microscope utilisé au cours de nos recherches	90
B. Aspect microscopique des traits d'encre transférés	93
C. Cas des traits d'encre solubles	97

	Pages
CHAPITRE VI. — <i>Réactions chimiques de l'encre transférée</i>	99
Mode opératoire	102
CONCLUSIONS	105

PLANCHES HORS-TEXTE

BIBLIOGRAPHIE	107
---------------------	-----

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Les composés de l'arsenic

Leur recherche qualitative et quantitative

Lu et accepté :

Les membres du Jury,

L. MEUNIER.

M. LEMARCHANDS.

Vu et approuvé :

*Le Doyen de la Faculté
des Sciences,*

V. GRIGNARD.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 23 Juin 1934.

Le Recteur,

A. LIRONDELLE.

IMPRIMERIE DE TRÉVOUX

G. PATISSIER

—
1934

